

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE

LEONARDO OLIVEIRA SILVA

COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ICTIOFAUNA  
DULCÍCOLA DA BACIA DO RIO MAMANGUAPE, PARAÍBA, BRASIL

Dissertação de Mestrado

Areia  
2016

LEONARDO OLIVEIRA SILVA

COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ICTIOFAUNA  
DULCÍCOLA DA BACIA DO RIO MAMANGUAPE, PARAÍBA, BRASIL

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
curso de pós graduação em Biodiversidade  
como parte dos requisitos necessários à  
obtenção do título de Mestre

Orientador: Robson Tamar da Costa Ramos

Areia

2016

LEONARDO OLIVEIRA SILVA

COMPOSIÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ICTIOFAUNA  
DULCÍCOLA DA BACIA DO RIO MAMANGUAPE, PARAÍBA BRASIL

Areia, data da aprovação: \_\_\_\_ de \_\_\_\_ de \_\_\_\_

---

Robson Tamar da Costa Ramos (PPGBIO/UFPB)

Orientador

---

Ricardo de Sousa Rosa (PPGCB/UFPB)

Examinador externo

---

Braulio Almeida Santos (PPGBIO/UFPB)

Examinador interno

---

Telton Pedro Anselmo Ramos (UFRN)

Suplente externo

---

Washington Luiz da Silva Vieira (PPGBIO/UFPB)

Suplente interno

Areia

2016

## AGRADECIMENTOS

Nesse momento em que chego ao final de mais uma etapa em minha vida, mais do que necessário, é muito gratificante poder vir agradecer a tantas pessoas que estiveram comigo nos momentos mais cruciais. Sou grato primeiramente ao meu Deus, companheiro REAL de todos os momentos;

Aos meus pais, Deasses e Vitória, obrigado pela formação a mim concedida. Vocês representam o que tenho de melhor. Sou o que sou, e cada parte desse ser devo a vocês. Tudo aqui foi feito pelo simples fato de compartilhar com vocês minha conquista.

Aos Meus irmãos Leandro e Lenilson, meus avós e Eliene. Grato por todo amor que comigo compartilham. Amo vocês, FAMÍLIA!

Agradeço ao meu amigo e orientador, Robson, o qual aprendi a admirar e respeitar, pela paciência que teve nos momentos mais difíceis, pelo incentivo e por acreditar em minha capacidade. Tu és Mestre na arte em que atuas! Imensamente grato por tamanha contribuição em minha formação profissional. “Cabou neh?!” PADD!!!

A Telton Ramos (cabra do sertão), sem o qual não seria possível a concretização deste trabalho. Em sua grande generosidade, cedeu seu veículo 4x4, imprescindível para a realização das coletas (e não disponível na universidade), cedeu seu tempo em todas as nossas idas ao campo, repassou a mim e a outros membros da equipe seu conhecimento durante as coletas, assim como o seu suporte na identificação dos peixes e discussões científicas, que foram de grande valia na construção deste trabalho. Também sou grato pela confiança depositada em mim, pelas parcerias em outros trabalhos e pela preocupação em minha formação como *peixólogo*. Muito Obrigado mesmo, NÊGO!

Aos companheiros de coleta e laboratório Yuri (Xuri), Isa, Raizze, Joanderson, Thalia, Katherine e Marcus Paulo (*in memoriam*), pela grande ajuda no trabalho de campo, laboratório e pelas boas conversas;

À minha turma de mestrado: Samara (minha parceira), Thalyta e Núbia (Coisinhas), Wylde (valeu pela força no campo irmão), Caio e Paulo;

Aos professores do PPGBIO, pela dedicação nas disciplinas, fundamentais em minha formação como Biodiversólogo;

Aos meus AMIGOS, Roberto (Natinzinho), Kaiandra (Maga), Dayane (Gorda) e Francialdo, tenho muito a agradecer a vocês por se fazerem tão presentes mesmo com a distância;

À Marisa, que desde a graduação me acompanha e tanto me incentiva a querer mais. Obrigado por tudo;

A Jurací Pedro Gomes, grande homem e exemplo de força. Sou muito grato por todo apoio dado durante minha estadia em João Pessoa;

E a todos que, de alguma maneira, estiveram ao meu lado.

## RESUMO

A América do Sul constitui a área de maior riqueza ictica da região Neotropical, a ictiofauna mais rica do mundo. A periferia da América do Sul, no entanto, é caracterizada por uma baixa riqueza ictica, incluindo as regiões semiáridas do continente, como o domínio da Caatinga. A bacia do rio Mamanguape está situada nesse contexto, suas nascentes e porção média correm em área de domínio das caatingas – de mais úmida a mais secas, e sua porção baixa corre em área de Mata atlântica. Em decorrência, o curso principal, nas porções alta e baixa, e grande parte dos afluentes são intermitentes. O estudo objetiva descrever a composição da fauna de peixes de água doce da bacia do Mamanguape e avaliar a distribuição espaço-temporal das espécies registradas, assim como das variáveis ambientais associadas ao seu curso principal. Para tal, o desenho amostral foi estabelecido através da distribuição de pontos fixos de coleta estacionais (seca e cheia) nos três trechos do rio principal (Alto, Médio e Baixo), seis pontos por trecho, totalizando 18 pontos fixos, e a aplicação de metodologia “*AquaRap*” nos afluentes, com intuito de cobrir a bacia o mais amplamente possível, dentro dos limites de condições do estudo (20 pontos adicionais). Os 38 pontos de coleta foram visitados entre Agosto de 2015 e Março de 2016. Os exemplares foram coletados com uso de redes de arrasto, tarrafa e puçá, sendo o número de lances para cada instrumento padronizado nos pontos fixos; a padronização das coletas realizadas nos afluentes seguiu o estabelecido pela metodologia “*AquaRap*”; dados secundários obtidos da Coleção Ictiológica da UFPB (única que possui espécimes oriundos da bacia do Mamanguape), foram incluídos na construção da Lista Sistemática da ictiofauna da bacia do Mamanguape. Descritores ambientais foram tomados em cada ponto fixo, na seca e cheia, a fim de testá-los como possíveis preditores da distribuição da ictiofauna. As análises estatísticas foram feitas no programa PAST e no software R. Foram registradas 29 espécies em campo e duas a partir de levantamento secundário, somando 31 espécies de peixes distribuídas em 26 gêneros, 16 famílias e seis ordens. Destas, uma se encontra ameaçada de extinção (*Apareiodon davisii*) e três são introduzidas (*Poecilia reticulata*, *Cichla cf. monóculos* e *Oreochromis niloticus*). A análise de Componentes Principais (PCA) evidenciou uma variação marcante dos descritores ambientais entre os períodos de seca e cheia, porém revelou que, considerando-se a variação destas no eixo longitudinal do rio, somente no trecho Alto se verificaram diferenças significativas, quando comparado aos trechos Médio e Baixo, que foram similares entre si. Do total de espécies registrado, 28 foram registradas no curso principal da bacia. Uma maior dominância (abundância) de espécies foi registrada no período de cheia, e a maior diversidade no período de seca. A análise de ordenação a partir de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (nMDS) indicou que não existe variação significativa na composição da fauna, entre os períodos de seca e cheia, mas evidenciou diferenças desta entre os três trechos do rio, algo também demonstrado pelos indicies ecológicos utilizados. A altitude, a velocidade da correnteza e o oxigênio dissolvido influenciaram significativamente a distribuição da ictiofauna, segundo a Análise Canônica de Redundância (RDA). A escala temporal aqui considerada não oferece base para se avaliar distinções da ictiofauna entre os períodos amostrados. As diferenças espaciais na composição de espécies remetem à existência de heterogeneidade ambiental entre os diferentes trechos do rio. Recomenda-se a realização de trabalhos que possam considerar outras escalas aqui não verificadas, de forma que se possam propor medidas de ações conservacionistas para a ictiofauna da bacia estudada.

**Palavras-chave:** Região Neotropical, Drenagens costeiras, Nordeste brasileiro, Caatinga, Peixes de água doce

## ABSTRACT

The South America is the ichthyic richest area of the Neotropical region, the richest fish fauna in the world. The periphery of South America, however, is characterized by a low ichthyic richness, including the semi-arid regions of the continent, as the Caatinga's domain. The Mamanguape River basin is part of this context, its headwaters and middle portion running in the Caatinga both wetter or drier, and its lower portion runs in the Atlantic Forest area. As a result the main course at the upper and lower portions, and most of the tributaries are intermittent. The study aims to describe the composition of the freshwater fish fauna of Mamanguape River basin and assess the spatiotemporal distribution of the recorded species and environmental variables associated with the main course. The sample design was established through the distribution of fixed points of seasonal collection (dry and rainy season) in the three stretches of the main course (High, Medium and Low), six points by stretch, totaling 18 fixed points, and the application of "AquaRap" methodology in the tributaries, in order to archive a wide survey of the basin, within the limits of the study (20 points were added). The 38 collection points were visited between August, 2015 and March, 2016. The specimens were collected with the use of beach seine, casting net and deep net, standardized on Fixed Points through number of tows; in tributaries the effort was standardized following AquaRap methodology. Available secondary data were obtained from UFPB's Ichthyological Collection (the only collection holding specimens from Mamanguape River basin) were used to build the Systematic List of the Mamanguape River basin's ichthyofauna. Environmental descriptors were taken at each fixed point during dry and rainy seasons, in order to test them as possible predictors of the fish fauna's distribution. Statistical analyzes were made in the PAST and R software. 29 species were recorded in the field and two species from secondary data, totaling 31 fish species distributed in 26 genera, 16 families and six orders. Of those, one is endangered (*Apareiodon davisii*) and three are introduced species (*Poecilia reticulata*, *Cichla* cf. *monoculans*, *Oreochromis nilotica*). The Principal Component Analysis (PCA) showed a marked variation in environmental descriptors between the dry and rainy seasons, but found that, considering the changes of the longitudinal river axis, only in the upper stretch was registered significant difference when compared the middle and lower sections, which were similar to each other. Among the recorded species, 28 were recorded in the main course of the basin. The greater dominance (abundance) of species was recorded in the rainy season, and the greatest diversity in the dry season. Ordination analysis from Non-metric Multidimensional Scaling (nMDS) indicated that there is no significant variation in faunal composition between dry and rainy seasons, but showed that the three stretches of the river significantly differs to each other, something also demonstrated by the used ecological indices. The altitude, the current speed and the dissolved oxygen significantly influenced the distribution of fish populations, according to Canonical Analysis of redundancy (RDA). The timescale considered here offers no basis for assessing the distinctions of the ictiofauna between sampling periods. The spatial differences in species composition suggest the existence of environmental heterogeneity between different stretches of the river. It is recommended to carry out work that may consider scales not considered in the present study, so that they can propose measures of conservation for the fish fauna of the study area.

**Key-words:** Neotropical region, Coastal drainages, Brazilian Northeastern region, Caatinga, Freshwater fish.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Capítulo I.....</b>	<b>18</b>
ICTIOFAUNA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE, ESTADO DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL.	
<b>Figura 1.</b> Distribuição dos pontos de amostragem na bacia do rio Mamanguape, Estado da Paraíba, Brasil.....	23
<b>Figura 2.</b> Mostra de espécies da ordem characiformes, coletadas na bacia do Rio Mamanguape.....	28
<b>Figura 3.</b> Mostra de espécies pertencentes as ordens, Siluriformes coletados no rio Mamanguape .....	29
<b>Figura 4.</b> Curva de rarefação gerada a partir da matriz de abundância das espécies registrada na bacia do rio Mamanguape. Barras verticais representam o intervalo de confiança.....	30
<b>Figura 5.</b> Mapa de calor gerado a partir da matriz de presença/ausência das espécies registradas na bacia do rio Mamanguape	32
<b>Figura 6.</b> Alguns impactos antropogênicos registrados na bacia do rio Mamanguape.....	33
 <b>Capítulo II.....</b>	 <b>42</b>
DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ICTIOFAUNA NO CURSO PRINCIPAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE, NORDESTE DO BRASIL.....	
<b>Fig. 1</b> Mapa da bacia do Mamanguape mostrando a localização dos pontos de coleta ao longo do rio principal da bacia.....	48
<b>Figs. 2 a-f.</b> Pontos de coleta (seca, à esquerda; cheia, à direita) nos três trechos do rio Mamanguape: Alto (a-b), Médio (c-d) e Baixo (e-f).....	53
<b>Fig. 3.</b> Diagrama de ordenação (PCA) das variáveis ambientais entre os períodos de coleta (seca e cheia).....	55
<b>Fig. 4.</b> Diagrama de ordenação (PCA) das variáveis ambientais entre os trechos amostradas (Alto, Médio e Baixo).....	56
<b>Fig. 5.</b> Curva de rarefação produzida a partir dos 18 pontos de amostragem distribuídos ao longo do eixo longitudinal do rio Mamanguape. A linha representa os valores médios e as barras verticais a variação da curva.....	58
<b>Figs. 6 a-b.</b> Riqueza de espécies nos períodos de cheia e seca (a) e ao longo do eixo longitudinal do rio Mamanguape (b) a partir da Análise de variância.....	59
<b>Fig. 7.</b> Representação gráfica da análise da composição ictiofaunística (NMDS, dois primeiros eixos) entre os dois períodos de coleta (seca e cheia).....	61
<b>Fig. 8.</b> Representação gráfica da análise da distribuição espacial da ictiofauna (NMDS, dois primeiros eixos) ao longo do eixo longitudinal do rio Mamanguape.....	61
<b>Fig 9.</b> <i>Heatmap</i> mostrando a abundância das espécies de peixes em cada ponto de amostragem ao longo do curso do rio Mamanguape, nos períodos de seca e cheia, somados. No eixo X estão as espécies e, no Y, os pontos de coleta.....	62
<b>Fig. 10 a-b.</b> Análise de redundância (RDA) da correlação entre a assembleia de peixes e os descritores ambientais. a: relação com os pontos de amostragem; b: relação predominante com a distribuição das espécies.....	64

## LISTA DE TABELAS

<b>Capítulo I.....</b>	<b>18</b>
ICTIOFAUNA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE, ESTADO DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL.	
<b>Tabela 1.</b> Municípios, altitude (m), e coordenadas geográficas dos 38 pontos de coleta distribuídos na bacia do rio Mamanguape.....	25
<b>Tabela 2:</b> Lista de espécies de peixes de água doce da bacia do rio Mamanguape verificados no presente estudo: <sup>(I)</sup> Introduzida; <sup>(A)</sup> Ameaçada; <sup>(RS)</sup> Registro secundário (Não coletado em campo durante o presente estudo).....	26
<b>Capítulo II.....</b>	<b>42</b>
DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ICTIOFAUNA NO CURSO PRINCIPAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE, NORDESTE DO BRASIL.....	
<b>Tabela 1:</b> Variáveis ambientais coletadas nos dois períodos nos diferentes pontos de amostragem ao longo do eixo longitudinal do rio Mamanguape (Média ± DP [mínimo e máximo] por ponto).....	54
<b>Tabela 2:</b> Lista de espécies de peixes de água doce do rio Mamanguape verificados no presente estudo ( <sup>(I)</sup> Introduzida; <sup>(A)</sup> Ameaçada; <sup>(E)</sup> Eurialina) nos períodos de seca e cheia e respectivos trechos de ocorrência no rio (trechos, A= Alto; M= Médio; B= Baixo).....	57
<b>Tabela 3.</b> Descritores ecológicos da ictiofauna do rio Mamanguape comparando os dois períodos de amostragem.....	59
<b>Tabela 4.</b> Descritores ecológicos da ictiofauna nos diferentes trechos do rio Mamanguape.....	60
<b>Tabela 5:</b> Resultado da análise de Redundância (RDA) da correlação entre a assembleia de peixes e as variáveis ambientais no rio Mamanguape.....	63



## SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO .....	10
INTRODUÇÃO GERAL.....	11
1 Introdução geral .....	12
2 Referências.....	16
CAPÍTULO I.....	18
ICTIOFAUNA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE, ESTADO DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL.	
1 Introdução .....	20
2 Material e métodos.....	22
2.1 Área de estudo.....	22
2.2 Coleta de dados.....	22
2.3 Análise de dados.....	24
3 Resultados.....	26
4 Discussão .....	34
5 Literatura citada.....	38
CAPÍTULO II.....	42
DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ICTIOFAUNA NO CURSO PRINCIPAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE, NORDESTE DO BRASIL	
1 Introdução.....	45
2 Material e métodos.....	47
2.1 Área de estudo.....	47
2.2 Desenho amostral.....	47
2.3 Coleta de dados.....	48
2.4 Análises de dados.....	49
3 Resultados.....	52
3.1 Perfil geral do rio Mamanguape.....	52
3.2 Variáveis ambientais.....	53
3.3 Aspectos estruturais da ictiofauna.....	56
4 Discussão.....	65
5 Referências.....	71

## APRESENTAÇÃO

Essa dissertação está organizada em três segmentos: uma Introdução Geral e dois capítulos. Os dois capítulos tratam de abordagens complementares dos dados obtidos durante o estudo, os quais foram formatados de acordo com as regras das revistas às quais serão submetidos os manuscritos para publicação. O fato de se tratarem os dois capítulos de unidades diferentes que não compõem um conjunto consequente, é a razão pela qual foi incluída uma Introdução Geral. Essa introdução apresenta um panorama acerca do conhecimento disponível sobre o objeto de estudo, e o seu contexto, de forma a dar um corpo único à dissertação. Nessa parte, as referências seguiram o proposto pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Embora as revistas às quais se pretende submeter os manuscritos determinem que figuras e tabelas devam ser dispostos após o texto, decidimos por dispô-las em seu interior, da forma como elas devem estar em um texto publicado pelas revistas, com o fim de dar mais comodidade aos avaliadores.

O primeiro capítulo apresenta um estudo da composição taxonômica da ictiofauna ocorrente na bacia do rio Mamanguape, resultando em uma Lista Sistemática da ictiofauna da bacia. A essa informação descritiva, foram associados dados sobre dominância de táxons ao longo da bacia, e sua distribuição, acrescentando à dissertação a discussão da *riqueza* dessa ictiofauna, nos termos da Ecologia. Os resultados desse capítulo estão embasados em informações oriundas de trabalho de campo que amostrou o curso principal da bacia e seus principais afluentes (artigo a ser submetido ao periódico *Check List: Journal of Species Lists and Distribution*. Ver normas de submissão de manuscritos em: <http://www.checklist.org.br>).

No segundo capítulo está o resultado da investigação de quais espécies ocorrem ao longo do gradiente longitudinal do curso principal da bacia estudada, nos períodos de seca e cheia, de forma averiguar a distribuição espacial e temporal da ictiofauna em seu curso principal e, a partir dessas informações, extrapolar uma leitura do comportamento da ictiofauna na bacia como um todo (artigo a ser submetido ao periódico *Neotropical Ichthyology*. Ver normas de submissão de manuscritos em: <http://www.scielo.br/revistas/ni/iinstruc.htm>).

## **INTRODUÇÃO GERAL**

## 1 Introdução Geral

O conhecimento da distribuição das comunidades biológicas é algo fundamental na compreensão dos fatores que regem suas estruturações e vem recebendo enfoque cada vez maior em decorrência da importância que a conservação da biodiversidade tem para o planeta e, em decorrência para as populações humanas (CARDINALE *et al.*, 2012; BARDGETT e PUTTEN, 2014). A percepção por parte da ciência dos resultados da ação antrópica sobre os ambientes naturais vem adicionando maior estímulo para a realização de trabalhos que possam estimar aspectos relevantes da diversidade biológica e de suas relações com o meio no qual estão inseridas (AGOSTINHO *et al.*, 2005; SECRETARIADO, 2014).

Os peixes representam importantes modelos biológicos utilizados para o entendimento de muitas funções nos ecossistemas lóticos (DUDGEON, 2006). Estimativas apontam em 13.000 o número de espécies de peixes ocupando ambientes dulcícolas em todo o mundo (LÉVÊQUE, 2008), sendo a região Neotropical responsável por abrigar o maior número de espécies desse grupo de vertebrados. Reis *et al.*, (2003) levantaram um total de 4.475 espécies ocorrentes na região Neotropical, um número que, já naquele momento, estabelecia a ictiofauna neotropical como a mais diversa do mundo; Albert & Reis (2011) levantam que a maior parte desta ictiofauna está distribuída na América do Sul. Do total de espécies da região Neotropical, 2.587 ocorrem em território brasileiro (BUCKUP *et al.*, 2007). Dados mais atuais, mostram um acréscimo significativo no número de espécies que compõem a ictiofauna da região Neotropical, a qual soma hoje 5.617 (Reis *et al.*, 2016), um incremento de 1.142 espécies em relação aos dados de Reis *et al.*, (2003), tendo sido, portanto, 28% de toda a fauna conhecida de peixes de água doce da região Neotropical descrita nos últimos 11 anos.

Langeani *et al.*, (2009), havia destacado a última década como um período de grande desenvolvimento da ictiologia brasileira. Da mesma forma, Buckup *et al.*, (2007) evidenciaram o aumento exponencial na descrição de novas espécies de peixes no território brasileiro. Este último autor associa esse aumento expressivo da descrição dessas entidades aos esforços amostrais decorrentes da criação de programas de pós-graduação, ações governamentais e ao avanço das tecnologias. Langeane (2009) ainda salienta que, ao considerar as bacias hidrográficas em separado, observa-se que o conhecimento da ictiofauna no território brasileiro não é homogêneo, existindo, portanto, áreas com baixo nível de informação.

Albert e Reis (2011) afirmam que a fauna de peixes da região Neotropical está constituída predominantemente de Ostariophysi, representados principalmente pelos ordens Characiformes, Siluriformes e Gymnontiformes. Esses autores ainda salientam a existência de heterogeneidade em relação aos números da riqueza e endemismo da ictiofauna na América do Sul, destacando uma área específica com maior riqueza de espécies postulada pelos autores como núcleo Amazônia-Orinoco-Guiana (core AOG - Amazon-Orinoco-Guyana) e outra na periferia continental. De acordo com os autores, a região AOG é caracterizada por uma grande riqueza de espécies de peixes, porém um baixo valor de endemismo. A periferia continental, por sua vez, destaca-se por seus baixos valores na riqueza de espécies, porém com uma maior taxa de endemismo. De acordo com Winemiller *et al.* (2009), essa fauna é resultante da combinação de eventos Geológicos e de fatores Ecológicos passados que, em conjunto, moldaram os padrões de distribuição atualmente encontrados na região.

Rosa *et al.*, (2003) apresenta uma proposta de ecorregiões, com base na hidrografia e nos padrões de composição da ictiofauna na Caatinga, uma parte importante dessa periferia continental, que se comporta de forma aproximada àquela prevista por Albert & Reis (2011). As ecorregiões propostas foram: Maranhão-Piauí, Nordeste Médio Oriental, São Francisco e Bacias do Leste. A proposta dos autores, no entanto, desconsidera as áreas costeiras onde prevalece o clima úmido da Mata Atlântica e, por consequência, a ictiofauna dessa porção das bacias nordestinas que correm na área considerada; a proposição também exclui pequenas bacias costeiras restritas à Mata Atlântica. Dessa forma, essa proposição, centrada apenas na Caatinga, deixa de considerar o contínuo que é cada bacia, a despeito do grande serviço que esse trabalho prestou ao desenvolvimento do conhecimento sobre a ictiofauna da região Nordeste e, por extensão, da ictiofauna brasileira e da América do Sul.

Abell *et al.* (2008), baseado no agrupamento de unidades hidrográficas e na biogeografia dos peixes de água doce, em uma escala global, desenvolveram uma abordagem mais ampla, considerando o conjunto de cada bacia. Estes autores denominam a ecorregião postulada como Nordeste-Médio Oriental por de Rosa *et al.* (2003), acrescida das áreas contíguas de Mata Atlântica, como Drenagens Costeiras do Nordeste/Caatinga (Northeastern Caatinga & Coastal Drainage, aqui convencionada como NCCD).

As bacias inseridas na NCCD têm suas ictiofaunas submetidas a um regime de intensa pressão natural, primeiro em decorrência de seu clima predominantemente

semiárido e, segundo, em decorrência da grande densidade demográfica associada a essas bacias, como destacam Langeani et al. (2009). Informações acerca de sua ictiofauna podem ser tomadas em Rosa *et al.*, 2003; Rosa e Groth, 2004; Ramos *et al.*, 2005; Do Nascimento *et al.*, 2014; De Paiva *et al.*, 2014; Silva *et al.*, 2014. Esses levantamentos proveem uma amostra da ictiofauna das redes de drenagem da NCCD, mas seu conhecimento ainda é parcial.

A bacia hidrográfica do rio Mamanguape, é um sistema inserido na ecorregião NCCD, e é uma das drenagens mais representativas, em termos de área, entre as bacias costeiras do Nordeste brasileiro (LANGEANI *et al.* (2009). A bacia ocupa regiões de diferentes domínios vegetacionais, como Caatingas e Mata Atlântica, e teve um papel crucial no estabelecimento de populações humanas durante o povoamento do Estado da Paraíba. Informações publicadas sobre os peixes de água doce dessa bacia são escassas, provenientes do trabalho em brejos de altitude conduzido por Rosa e Groth, (2004) nos Estados da Paraíba e Pernambuco, e que incluem parte das cabeceiras do Mamanguape. Devido à intensa ocupação humana nas áreas de abrangência dessa bacia, como em toda a região Nordeste, a mesma vem sofrendo forte pressão antrópica sobre seus sistemas de drenagem.

A intensa degradação atualmente enfrentada pelos ecossistemas aquáticos continentais põe em destaque a premência de pesquisas em taxonomia e distribuição da ictiofauna, a qual é marcada por variações espaciais e temporais (TAKAHASHI, 2013). A discussão acerca das variações espacial e temporal em assembleias de peixes já é um tema discutido por pesquisadores em diferentes regiões. Nazeer *et al.* (2016) discute esses padrões de variação no rio Soan, Paquistão, e chama a atenção para a importância dessas informações na escolha de medidas que visem a conservação da diversidade ictiofaunística. Os autores também buscam associar os aspectos da distribuição da ictiofauna com características ambientais coletadas em conjunto, que segundo eles, assim como outros pesquisadores (SILVANO et al., 2000; ARAÚJO *et al.*, 2009; SUAREZ & LIMA-JUNIOR, 2009;), podem dizer muito sobre os padrões estruturais da ictiofauna. No Brasil, diversos trabalhos abordam aspectos distribuição das assembleias de peixes de água doce (DA SILVA ABES & AGOSTINHO, 2001; SUAREZ & LIMA-JUNIOR, 2009; FERREIRA & SOUZA, 2010; TAKAHASHI *et al.*, 2013; SÁ-OLIVEIRA *et al.*, 2016), porém, quando se observa as áreas de abrangência dessas pesquisas, percebe-se

uma distribuição heterogenia das informações com regiões ainda pouco exploradas, como é o caso das áreas inseridas na NCCD.

O presente estudo ocupou-se de descrever a composição da fauna de peixes ao longo de toda a bacia hidrográfica do rio Mamanguape, bem como estudar aspectos que possam elucidar os padrões de distribuição dessa taxocenose de peixes a partir de um acesso realizado ao longo do curso principal desse sistema, considerando os vieses espacial e temporal.

## REFERÊNCIAS

- ABELL, Robin et al. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. **BioScience**, v. 58, n. 5, p. 403-414, 2008.
- AGOSTINHO, Ângelo A.; THOMAZ, SIDINEI M.; GOMES, LUIZ C. Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 70-78, 2005.
- ALBERT, James S.; REIS, Roberto E. **Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes**. Univ of California Press, 2011.
- ARAÚJO, Francisco Gerson; PINTO, Benjamin Carvalho Teixeira; TEIXEIRA, Tatiana Pires. Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in southeastern Brazil: evaluating environmental influences and some concepts in river ecology. **Hydrobiologia**, v. 618, n. 1, p. 89-107, 2009.
- BARDGETT, Richard D.; VAN DER PUTTEN, Wim H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. **Nature**, v. 515, n. 7528, p. 505-511, 2014.
- CARDINALE, Bradley J. et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59-67, 2012.
- DA SILVA ABES, Sara; AGOSTINHO, Angelo Antonio. Spatial patterns in fish distributions and structure of the ichthyocenosis in the Água Nanci stream, upper Paraná River basin, Brazil. **Hydrobiologia**, v. 445, n. 1-3, p. 217-227, 2001.
- DE PAIVA, Roney Emanuel Costa et al. Fish fauna of Pratagi River coastal microbasin, extreme north Atlantic Forest, Rio Grande do Norte state, northeastern Brazil. **Check List**, v. 10, n. 5, p. 968-975, 2014.
- DO NASCIMENTO, Wallace Silva et al. Composição da ictiofauna das bacias hidrográficas do Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 4, n. 1, p. 126-131, 2014.
- DUDGEON, David et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. **Biological reviews**, v. 81, n. 02, p. 163-182, 2006.
- FERREIRA, Fabio Cop; SOUZA, Ursulla Pereira; PETRERE JR, Miguel. Zonação longitudinal da ictiofauna em ambientes lóticos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia**, v. 38, n. 1, p. 1-17, 2010.
- LANGEANI, F. et al. Peixes de água doce. **Rocha, RM, Boeger WAP. Estado da Arte e perspectivas para a Zoologia no Brasil**. Curitiba, Paraná: Editora da UFPR, 2009.
- LANGEANI, Francisco et al. Diversidade da ictiofauna do Alto Rio Paraná: composição atual e perspectivas futuras. **Biota Neotropica**, p. 181-197, 2007.
- LEVÊQUE, Christian et al. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. **Hydrobiologia**, v. 595, n. 1, p. 545-567, 2008.
- RAMOS, R. T. C. et al. Diversidade de Peixes (Ictiofauna) da bacia do rio Curimataú, Paraíba. **Análise das Variações da Biodiversidade do Bioma Caatinga: Suporte das**



- 165 **Estratégias Regionais de Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente**, p.  
166 291-318, 2005.
- 167 REIS, Roberto E.; KULLANDER, Sven O.; FERRARIS, Carl J. **Check list of the**  
168 **freshwater fishes of South and Central America**. Edipucrs, 2003.
- 169 ROSA, Ricardo S. et al. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes  
170 da Caatinga. **Ecologia e conservação da Caatinga**, p. 135-180, 2003.
- 171 ROSA, Ricardo S.; GROTH, Fernando. Ictiofauna dos ecossistemas de brejos de altitude  
172 de Pernambuco e Paraíba. **Brejos de Altitude de Pernambuco e Paraíba. MMA,**  
173 **Brasília**, 2004.
- 174 SÁ-OLIVEIRA, Júlio C. et al. Factors structuring the fish community in the area of the  
175 Coaracy Nunes hydroelectric reservoir in Amapá, northern Brazil. **Tropical**  
176 **Conservation Science**, v. 9, n. 1, p. 16-33, 2016.
- 177 SECRETARIADO, DA CONVENÇÃO SOBRE DIVERSIDADE BIOLÓGICA.  
178 Panorama da biodiversidade global 4. **Brasília (DF): Ministério do Meio**  
179 **Ambiente/Secretaria de Biodiversidade e Florestas**, 2014.
- 180 SILVA, Márcio Joaquim da et al. Ichthyofauna of Seridó/Borborema: a semi-arid region  
181 of Brazil. **Biota Neotropica**, v. 14, n. 3, p. 1-6, 2014.
- 182 SILVANO, Renato AM; DO AMARAL, Benedito D.; OYAKAWA, Osvaldo T. Spatial  
183 and temporal patterns of diversity and distribution of the Upper Juruá River fish  
184 community (Brazilian Amazon). **Environmental Biology of Fishes**, v. 57, n. 1, p. 25-  
185 35, 2000.
- 186 SÚAREZ, Yzel Rondon; LIMA-JUNIOR, Sidnei Eduardo. Spatial and temporal  
187 variation in stream fish assemblages of Guirai River basin, upper Paraná Basin. **Biota**  
188 **Neotropica**, v. 9, n. 1, p. 0-0, 2009.
- 189 TAKAHASHI, Erico LH et al. Spatial and seasonal patterns in fish assemblage in  
190 Córrego Rico, upper Paraná River basin. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 1, p. 143-  
191 152, 2013.
- 192 WINEMILLER, Kirk O.; AGOSTINHO, Angelo A.; CARAMASCHI, Érica Pellegrini.  
193 Fish ecology in tropical streams. **Tropical stream ecology**, p. 107-146, 2008.
- 194
- 195
- 196
- 197
- 198
- 199
- 200
- 201

## **CAPÍTULO I**

### **ICTIOFAUNA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE, ESTADO DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL.**

## Resumo

A bacia do rio Mamanguape está situada numa área periférica do semiárido, suas nascentes e porção média correndo em área de domínio das caatingas – de mais úmida a mais secas, e sua porção baixa em área de Mata atlântica. O estudo teve por objetivo inventariar a fauna de peixes da bacia do rio Mamanguape, através de uma amostragem abrangente de suas drenagens. O trabalho de coleta foi realizado a partir de 38 pontos distribuídos em toda a bacia, entre os anos de 2015 e 2016, sendo Pontos Fixos de coleta estacional (seca e cheia) ao longo do curso principal do rio, e de metodologia de amostragem do tipo “AquaRap”, nos afluentes. Durante as expedições, foram utilizados na captura de espécimes arrasto, tarrafa e puçá, com esforço padronizado nos Pontos Fixos de coleta; esforço nos demais pontos de coleta foi estabelecido conforme a metodologia de AquaRap. Dados secundários disponíveis foram incluídos. Foram registradas 31 espécies de peixes de água doce pertencentes a 24 gêneros, 16 famílias e 6 ordens, com predominância de Characiformes e Characidae, sendo *Astyanax fasciatus* a espécie de maior distribuição e abundância na bacia. Siluriformes foi a segunda ordem de maior predominante, com cinco espécies. *Oreochromis nilóticos*, *Cichla cf. monoculus* e *Poecilia vivípara* constituem registros de introdução na bacia; foi registrada *Apareiodon davise*, espécie ameaçada de extinção.

**Palavras-chave:** Região Neotropical, Drenagens costeiras, Caatinga, Peixes de água doce, lista de espécies.

## Abstract

The Mamanguape River basin is located in a peripheral area of the Brazilian semiarid region, its headwaters and middle portion running in the caatinga's domain, those wetter or drier, and the lower portion running in the Atlantic Forest area. The study aimed to survey the fish fauna of the Mamanguape River basin, through a comprehensive sampling of its drainage. The field work was carried out through 38 collection points distributed along the entire basin in 2015 and 2016; Fixed Point of seasonal sampling (dry and rainy seasons) were settled along the main course of the river, and "AquaRAP" sampling were conducted in the tributaries. The used fishing gear on both approaches were beach seine, casting net and deep net, standardized on Fixed Points through number of tows; in tributaries the effort was standardized following AquaRAP methodology. Available secondary data have been included. 31 freshwater fish species belonging to 24 genera, 16 families and 6 orders were recorded, with a predominance of Characiformes and Characidae, and *Astyanax fasciatus* as the species with the higher distribution and abundance in the basin. Siluriforms were the second most prevalent order, with five species. *Oreochromis niloticus*, *Cichla cf. monoculus* and *Poecilia vivipara* are introduced species; *Apareiodon davise*, an endangered species, was recorded.

**Key-words:** Neotropical region, Coastal drainages, Caatinga, Freshwater fish, Checklist.

## 43 1 Introdução

44 É consenso que se desenvolveu na região Neotropical a maior diversidade de peixes de  
45 água doce do globo (Albert & Reis 2011), as áreas sob território brasileiro sendo  
46 responsáveis por abrigar cerca de 43% dessa fauna (Buckup et al. 2007). Reis et al. (2016)  
47 informa que o número de espécies descritas da região Neotropical soma 5.617 espécies  
48 de água doce; quando se considera que Reis et al. (2003) listaram 4.475 espécies descritas,  
49 pode-se perceber o grande avanço no conhecimento da ictiofauna neotropical, dado que  
50 cerca de 28% dessa ictiofauna foi descrita nos últimos onze anos (após o trabalho de Reis  
51 et al. 2003). Aproximadamente 100 espécies por ano tem sido descritas e as estimativas  
52 apontam para um número em torno de 9.000 espécies componentes dessa fauna (Reis et  
53 al. 2016). No entanto, ainda existem déficits de informações acerca da composição e  
54 distribuição dessa fauna para certas regiões do Brasil, como é o caso de muitas bacias  
55 costeiras pertencentes à região Nordeste do país, inseridas na ecorregião das Drenagens  
56 Costeiras do Nordeste/Caatinga (NCCD - Northeastern Caatinga & Coastal Drainage)  
57 proposta por Abel et al. (2008), com base nos padrões globais de composição de  
58 ictiofauna de água doce. Esforços amostrais nessas regiões devem ser conduzidos de  
59 maneira a ampliar o conhecimento sobre a composição dessas ictiofaunas e subsidiar a  
60 compreensão de seus padrões históricos, como sugerido por Langeani et al. (2009).

61 A bacia hidrográfica do rio Mamanguape, inserida na ecorregião NCCD, é um exemplo  
62 de área pouco conhecida em relação à composição de suas taxocenoses de peixes de água  
63 doce. Um levantamento realizado na Reserva do Pau-Ferro, situada em um dos tributários  
64 da bacia, revelou a existência de 18 espécies – dados veiculados em uma comunicação  
65 em congresso (Oliveira-Silva et al. 2014). A bacia é um dos muitos pequenos sistemas  
66 que drenam para o atlântico, e assim como a maioria das drenagens costeiras da região  
67 Nordeste do País, a bacia do Mamanguape é influenciada por diferentes domínios  
68 morfoclimáticos, como Caatinga e Mata Atlântica (Andrade 1997; Langeani et al. 2009).  
69 A bacia encontra-se inserida na região periférica da América do Sul, destacada por Albert  
70 e Reis (2011) como uma área com baixa riqueza de espécies e elevado grau de  
71 endemismo.

72 O presente estudo realizou o levantamento das espécies de peixes de água doce da bacia  
73 do rio Mamanguape a partir da geração da primeira base de dados consistentes acerca de  
74 sua ictiofauna, produzida com base em um amplo levantamento da bacia. A

disponibilização desses dados primários irá contribuir para a ampliação do conhecimento da composição ictiofaunística da NCCD e, conseqüentemente, o aumento de compreensão de sua história, e poderá subsidiar ações conservacionistas futuras na bacia.

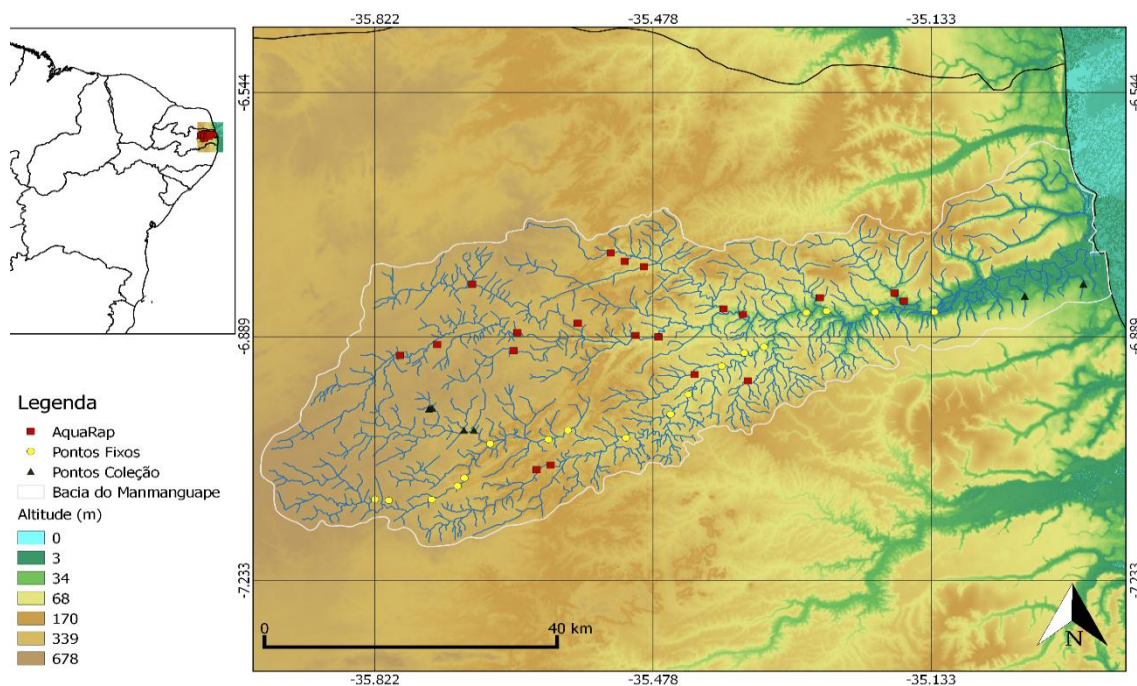
## **2 Material e métodos**

### **2.1 Área de estudo**

A Bacia do Rio Mamanguape estende-se ao longo do litoral norte do Estado da Paraíba. Essa bacia, que drena uma área de 3.525,00 km<sup>2</sup>, limita-se, ao norte, com as bacias dos rios Curimataú e Camaratuba, a oeste e sul com as bacias dos rios Paraíba do Norte e Miriri, e a leste com o oceano atlântico (CERH/PB 2004). Sua nascente está localizada na mesorregião do Agreste da Borborema, de onde segue em direção ao oceano Atlântico. Em decorrência do fato de que dois terços da bacia estão sob a influência do clima semiárido, a maior parte da bacia está sob regime intermitente; durante o regime de interrupção do fluxo, formam-se poças de distribuição e tamanhos variados ao longo do leito do rio. Na faixa próxima ao litoral, onde recebe influência de tributários nascidos em áreas mais úmidas, o rio é perene (Andrade 1997). A bacia foi classificada em porções (Alto, Médio e Baixo curso), considerando-se para tal distinção informações do relevo e da vegetação, conforme sugerido por Andrade (1997). A partir da classificação proposta por este autor, foram estabelecidas distinções entre as porções da bacia, como segue: Alto trecho – compreende áreas com maiores altitudes (entre 600 e 200m) e predominância de caatinga úmida, mais arbórea, típicas de áreas de brejo; Médio trecho – áreas com altitudes entre os 200 e 70 metros e influência de caatinga arbustiva, típica do agreste; Baixo trecho – áreas com altitudes abaixo dos 70 metros associadas a remanescentes de Mata Atlântica acima da influência do mar.

### **2.2 Coleta de dados**

A amostragem foi realizada com base no estabelecimento de 38 pontos de coleta (Figura 1, Tabela 1), sendo os 18 pontos distribuídos ao longo do curso principal e os demais 20 pontos distribuídos nos tributários norte e sul da bacia (Figura 1, Tabela 1). Os 18 pontos ao longo do curso principal foram amostrados durante a cheia (setembro a outubro de 2015) e a seca (fevereiro a agosto de 2016), utilizando-se rede de arrasto (4 m de comprimento, malha de 5 mm), tarrafa (malha de 15mm) e puçá (malha de 5mm), com o número de lances padronizado para cada instrumento. A amostragem dos tributários foi conduzida com metodologia AquaRap (fevereiro e março de 2016). Alguns tributários ou suas porções mais próximas da cabeceiras não foram amostradas por inexistência de



**Figura 1:** Distribuição dos pontos de amostragem na bacia do rio Mamanguape, Estado da Paraíba, Brasil.

acesso ou por não haver fluxo de superfície ou não existirem poças. A amostragem foi realizada sob anuência do ICMBio/SISBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade / Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade) através da licença #48004-1/2015. Os exemplares foram submetidos a anestesia em eugenol (2 gotas por litro), fixados em formalina a 10% e, após um período de 2 a 8 dias, transpostos para solução de etanol a 70%, assim como proposto por Malabarba e Reis (1987). A triagem por lotes de espécies e posterior etiquetagem dos lotes foi realizada no Laboratório de Sistemática e Morfologia de Peixes da Universidade Federal da Paraíba. Espécimes de espécies não coletados no trabalho de campo e das quais havia registro na Coleção Ictiológica da Universidade Federal da Paraíba, foram incluídos. Registros fotográficos dos indivíduos foram tomados em campo e em laboratório.

A identificação taxonômica dos exemplares, até o menor nível hierárquico possível, foi conduzido a partir da literatura especializada disponível, como Menezes et al. (2007), Britski et al. (2007) e Ramos (2012). Após identificação, os lotes foram tombados e depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal da Paraíba.

### 2.3 Análise de dados

A efetividade da amostragem foi averiguada através da realização de uma curva de rarefação (Colwell 2012). Para aferir a riqueza de espécies os seguintes estimadores foram utilizados: *chao*, *Jackknife* de primeira e segunda ordem e *Bootsrap*. Um mapa de calor (*Heatmap*, Singh et al. 2011) foi gerado utilizando-se de uma matriz de presença e ausência das espécies a fim de se obter o perfil de ocorrência das espécies de peixes registrados ao longo da bacia, o que permite uma visualização gráfica da distribuição das espécies, agrupadas de acordo com suas semelhanças de ocorrência nos vários pontos amostrados. Para isso, os pontos foram ordenados de acordo com sua posição na bacia (Alto, Médio e Baixo curso), sendo identificados pelas siglas PF (Ponto fixo – de seca e cheia, ao longo do curso principal) e PA (ponto AquaRap), seguidos de sua respectiva numeração. Tais análises foram conduzidas no software R (R Development Core Team 2015), utilizando os pacotes *vegan*, *indicspecies*, *cluster* e *gplots*.



**Tabela 1.** Municípios, altitude (m), e coordenadas geográficas dos 38 pontos de coleta distribuídos na bacia do rio Mamanguape.

Pontos	Município	Altitude	Coordenada Geográfica
PF1	Lagoa Seca	494	07°07'13"S, 035°49'34"W
PF2	Lagoa Seca	495	07°07'22"S, 035°48'32"W
PF3	Matinhas	321	07°07'16"S, 035°45'12"W
PF4	Matinhas	269	07°06'01"S, 035°43'20"W
PF5	Matinhas	239	07°05'32"S, 035°42'70"W
PF6	Alagoa Grande	151	07°02'44"S, 035°40'78"W
PF7	Alagoa Grande	133	07°02'06"S, 035°36'46"W
PF8	Alagoa Grande	119	07°01'28"S, 035°35'01"W
PF9	Mulungu	111	07°01'92"S, 035°30'69"W
PF10	Mulungu	94	06°59'93"S, 035°27'38"W
PF11	Mulungu	97	06°58'24"S, 035°26'07"W
PF12	Guarabira	69	06°55'84"S, 035°23'57"W
PF13	Araçagi	59	06°54'73"S, 035°21'89"W
PF14	Araçagi	45	06°54'21"S, 035°20'44"W
PF15	Itapororoca	25	06°51'31"S, 035°17'28"W
PF16	Itapororoca	36	06°51'19"S, 035°15'78"W
PF17	Mamanguape	17	06°51'27"S, 035°12'17"W
PF18	Mamanguape	20	06°51'25"S, 035°07'78"W
PA1	Areia	546	06°54'93"S, 035°47'50"W
PA2	Areia	445	06°54'02"S, 035°44'72"W
PA3	Solânea	434	06°48'91"S, 035°42'14"W
PA4	Pilões	208	06°51'42"S, 035°34'61"W
PA5	Pilões	458	06°54'55"S, 035°39'04"W
PA6	Pilões	390	07°04'89"S, 035°38'12"W
PA7	Alagoa Grande	233	07°04'99"S, 035°37'96"W
PA8	Pirpirituba	106	06°46'97"S, 035°30'79"W
PA9	Pirpirituba	103	06°46'27"S, 035°31'82"W
PA10	Pirpirituba	196	06°47'43"S, 035°29'37"W
PA11	Guarabira	109	06°53'38"S, 035°28'28"W
PA12	Cuitegi	101	06°53'26"S, 035°29'98"W
PA13	Alagoa Grande	173	07°04'21"S, 035°36'19"W
PA14	Itapororoca	87	06°50'06"S, 035°16'29"W
PA15	Araçagi	69	06°51'00"S, 035°23'44"W
PA16	Mulungu	88	06°57'10"S, 035°21'64"W
PA17	Mamanguape	43	06°49'65"S, 035°10'74"W
PA18	Mamanguape	61	06°50'34"S, 035°10'05"W
PA19	Araçagi	62	06°51'48"S, 035°22'03"W
PA20	Mulungu	68	06°56'55"S, 035°25'60"W

196

197 **3 Resultados**

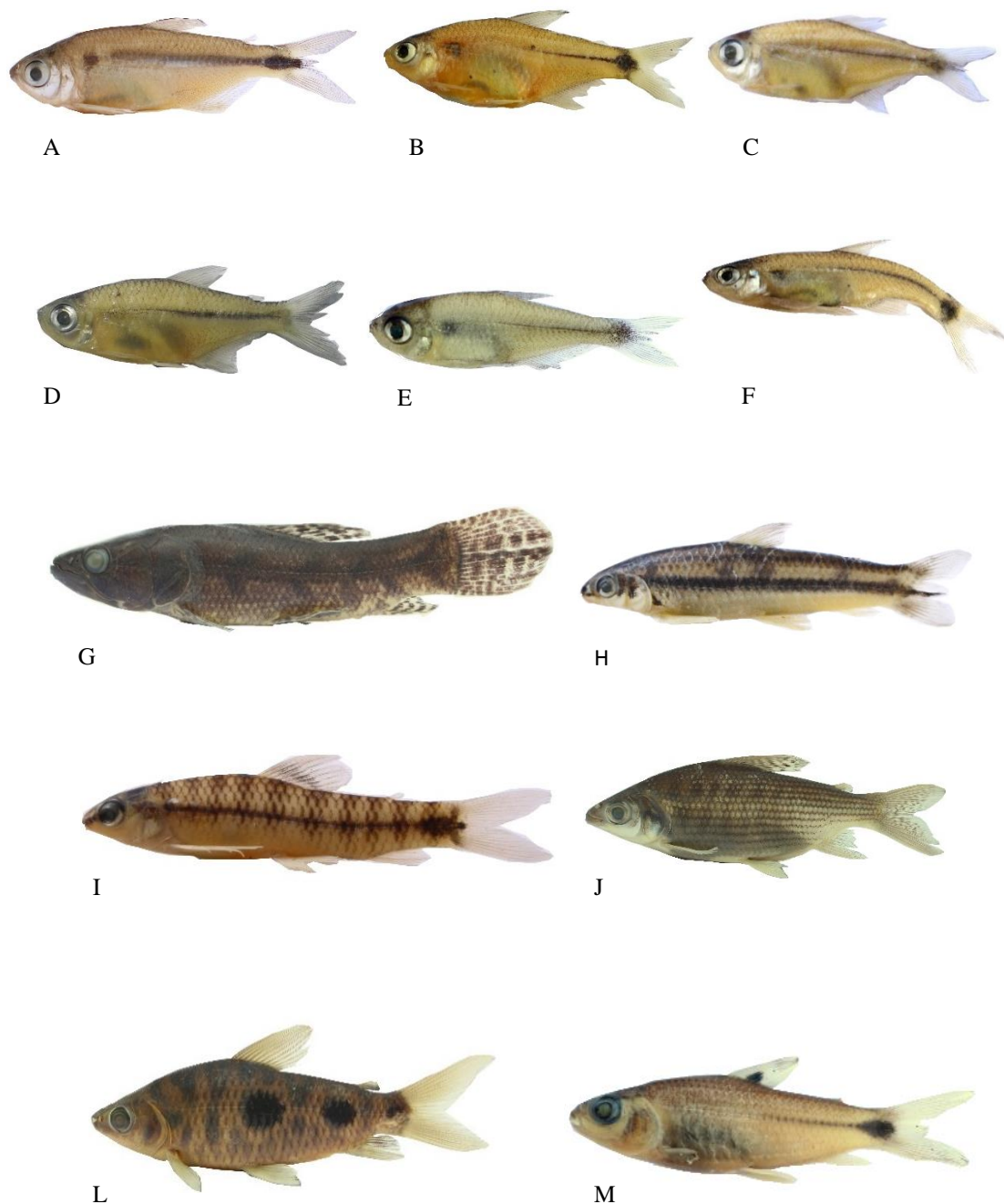
198 Foram coletados, no total, 26.805 espécimes pertencentes a 29 espécies, 24 gêneros, 14  
 199 famílias e cinco ordens (Tabela 2 e Figura 2 e 3). Além destas, indivíduos de duas outras  
 200 espécies (*Gymnotus carapo* e *callichthys callichthys*), não coletadas no presente estudo,  
 201 estão depositados na Coleção Ictiológica da Universidade Federal da Paraíba. Dessa  
 202 forma, o número de táxons registado na bacia soma 31 espécies, 26 gêneros, 16 famílias  
 203 e seis ordens. A lista de espécies é apresentada na tabela 2, seguindo ordem de  
 204 classificação proposta por Nelson (2006), com gêneros e espécies dispostos em ordem  
 205 alfabética.

206 A curva produzida pela análise de rarefação atingiu a assíntota (Figura 4), indicando uma  
 207 amostragem efetiva da área estudada. Os estimadores de riqueza empregados  
 208 apresentaram valores aproximados ao número de espécies registrado em campo: *chao*:  
 209 28.2; *jack1*: 29.9; *jack2*: 31.8 *boot*: 28.8. A partir da análise da Figura 5 pode-se observar  
 210 que diferentes amostragens em áreas diferentes da bacia produziram resultados similares.  
 211 O padrão de dominância de espécies observado no rio principal, amostrados através de  
 212 pontos fixos de seca e cheia, é similar àquele dos tributários, amostrados por AquaRap  
 213 durante o período de seca.

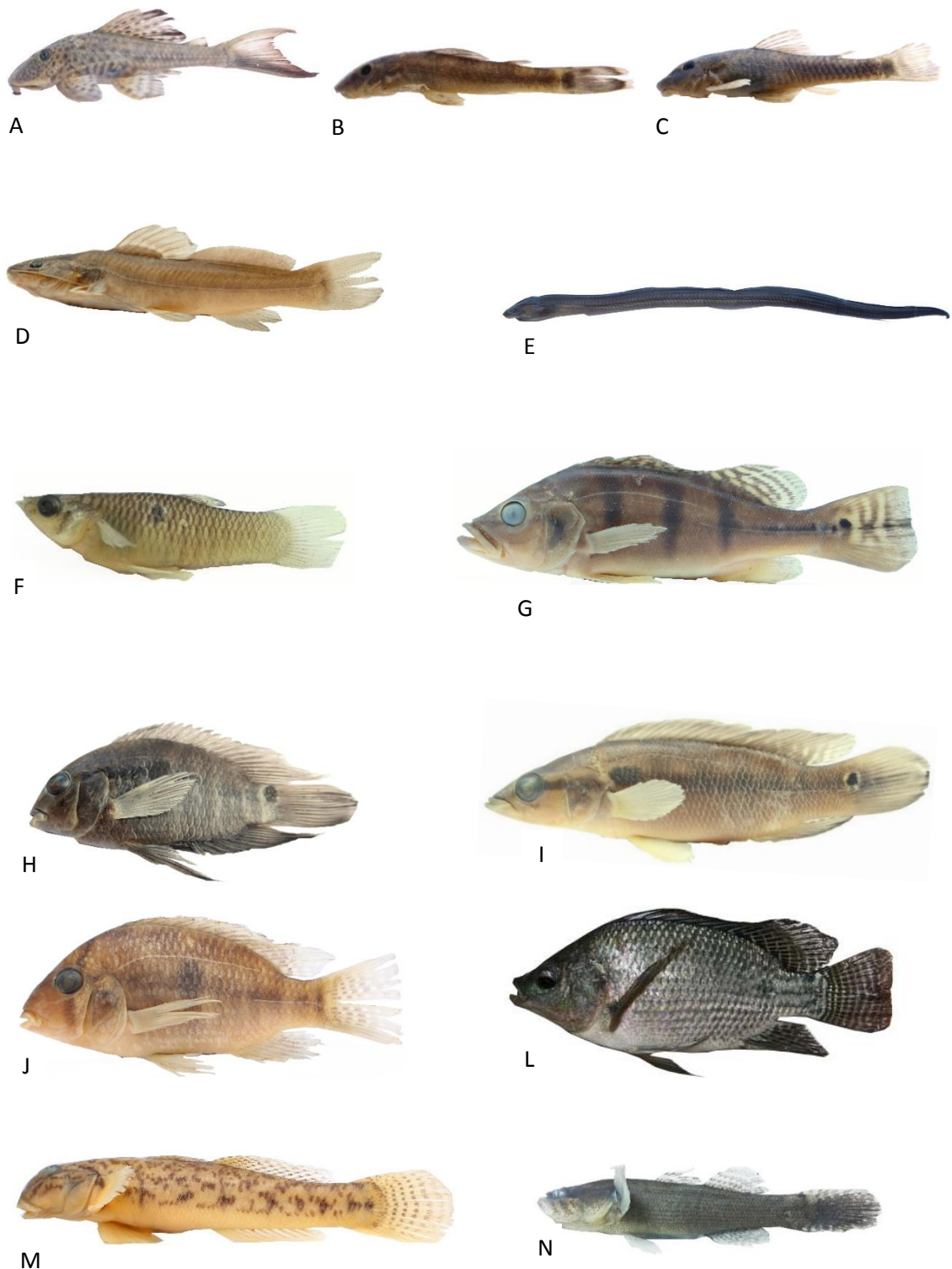
214 **Tabela 2:** Lista de espécies de peixes de água doce da bacia do rio Mamanguape verificados no presente  
 215 estudo: <sup>(I)</sup> Introduzida; <sup>(A)</sup> Ameaçada; <sup>(RS)</sup> Registro secundário (Não coletado em campo durante o presente  
 216 estudo).

ORDER / Family / species	N	VOUCHER
<b>CHARACIFORMES</b>		
<b>Parodontidae</b>		
<i>Apareiodon davisi</i> Fowler, 1941 <sup>(A)</sup>	7	UFPB 10919
<b>Curimatidae</b>		
<i>Steindachnerina notonota</i> Miranda Ribeiro, 1937	1901	UFPB 10736
<b>Prochilodontidae</b>		
<i>Prochilodus brevis</i> Steindachner, 1875	11	UFPB 10706
<b>Anostomidae</b>		
<i>Leporinus piau</i> Fowler, 1941	53	UFPB 10731
<b>Crenuchidae</b>		
<i>Characidium cf. bimaculatum</i> Fowler, 1941	683	UFPB 10910
<b>Characidae</b>		
<i>Astyanax aff. bimaculatus</i> Linnaeus, 1758.	2220	UFPB 10690
<i>Astyanax fasciatus</i> Cuvier, 1819.	9683	UFPB 10691

ORDER / Family / species	N	VOUCHER
<i>Compsura heterura</i> Eigenmann, 1915	1991	UFPB 10699
<i>Cheirodon jaguaribensis</i> Fowler, 1941	784	UFPB 10717
<i>Hemigrammus marginatus</i> Ellis, 1911	370	UFPB 10784
<i>Hemigrammus rodwayi</i> Durbin, 1909	352	UFPB 10782
<i>Hyphessobrycon parvellus</i> Ellis, 1911	250	UFPB 10825
<i>Serrapinnus heterodon</i> Eigenmann, 1915	3297	UFPB 10822
<i>Serrapinnus piaba</i> Lutken, 1875	739	UFPB 10818
<b>Erythrinidae</b>		
<i>Hoplias malabaricus</i> Bloch, 1794	143	UFPB 10901
<b>SILURIFORMES</b>		
<b>Callichthyidae</b>		
<i>Callichthys callichthys</i> (Linnaeus, 1758) <sup>(RS)</sup>	3	UFPB 4534
<b>Loricariidae</b>		
<i>Hypostomus pusarum</i> Starks, 1913	60	UFPB 10776
<i>Parotocinclus sp1</i>	11	UFPB 10064
<i>Parotocinclus sp2</i>	18	UFPB 10500
<b>Heptapteridae</b>		
<i>Rhamdia quelen</i> Quoy & Gaimard, 1824	24	UFPB 10766
<b>GYMNOTIFORMES</b>		
<b>Gymnotidae</b>		
<i>Gymnotus carapo</i> Linnaeus, 1758 <sup>(RS)</sup>	1	UFPB 5686
<b>CYPRINODONTIFORMES</b>		
<b>Poeciliidae</b>		
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859 <sup>(I)</sup>	1130	UFPB 10744
<i>Poecilia vivipara</i> Bloch & Schneider, 1801	2310	UFPB 10752
<b>SYNBRANCHIFORMES</b>		
<b>Synbranchidae</b>		
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch, 1795	6	UFPB 10801
<b>PERCIFORMES</b>		
<b>Cichlidae</b>		
<i>Cichla cf. monoculus</i> Agassiz, 1831 <sup>(I)</sup>	6	UFPB 10075
<i>Cichlasoma orientale</i> Kullander, 1983	136	UFPB 10753
<i>Crenicichla menezesi</i> Ploeg, 1991	70	UFPB 10788
<i>Geophagus brasiliensis</i> Quoy & Gaimard, 1824	455	UFPB 10837
<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1758 <sup>(I)</sup>	88	UFPB 10904
<b>Gobiidae</b>		
<i>Awaous tajassica</i> Lichtenstein, 1822	5	UFPB 10784
<b>Eleotridae</b>		
<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin, 1789)	2	UFPB 10812



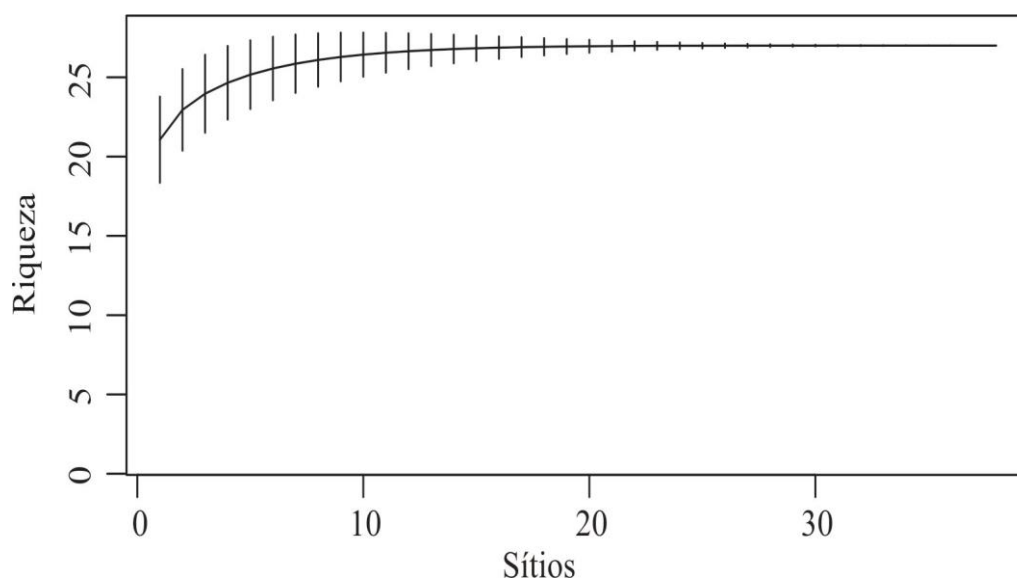
**Figura 2:** Mostra de espécies da ordem characiformes, coletadas na bacia do Rio Mamanguape. A, *Astyanax fasciatus*; B, *Compsura heterura*; C, *Cheirodon jaguaribensis*; D, *Hemigrammus marginatus*; E, *Hyphessobrycon parvulus*; F, *Serrapinnus heterodon*; G, *Hoplias malabaricus*; H, *Apareiodon davisi*; I, *Characidium cf. bimaculatum*; J, *Prochilodus brevis*; L, *Leporinus piau*; M, *Steindachnerina notonota*



**Figura 3:** Mostra de espécies pertencentes as ordens, Siluriformes (A, *Hypostomus pusaarum*; B, *Parotocinclus sp1*; C, *Parotocinclus sp2*; D, *Rhamdia quelen*), Cyprinodontiformes (E, *Poecilia vivipara*), Synbranchiformes (F, *Synbranchus marmoratus*), Perciformes (G, *Cichla cf. monoculus*; H, *Cichlasoma orientale*; I, *Crenicichla menezesi*; J, *Geophagus brasiliensis*; L, *Oreochromis niloticus*; M, *Awaous tajasica*; N, *Eleotris pisonis*), coletadas na bacia do rio Mamanguape.

Da ordem Characiformes foram registradas sete famílias que somam 15 espécies, compreendendo 48% das espécies coletadas (incluindo as introduzidas); de Perciformes, foram registradas três famílias com sete espécies (duas introduzidas), compreendendo 24% das espécies registradas; de Siluriformes, duas famílias, compreendendo 4 espécies (14%) (Tabela 2).

Characidae foi a família da qual se registrou a maior riqueza (nove espécies, 29%), seguida de Cichlidae (cinco espécies, 16%), Loricariidae (três espécies, 10%) e Poeciliidae (duas espécies, 6%). De cada uma das demais famílias foi registrada uma espécie, respectivamente 3% da riqueza total (Tabela 2).



**Figura 4.** Curva de rarefação gerada a partir da matriz de abundância das espécies registrada na bacia do rio Mamanguape. Barras verticais representam o intervalo de confiança.

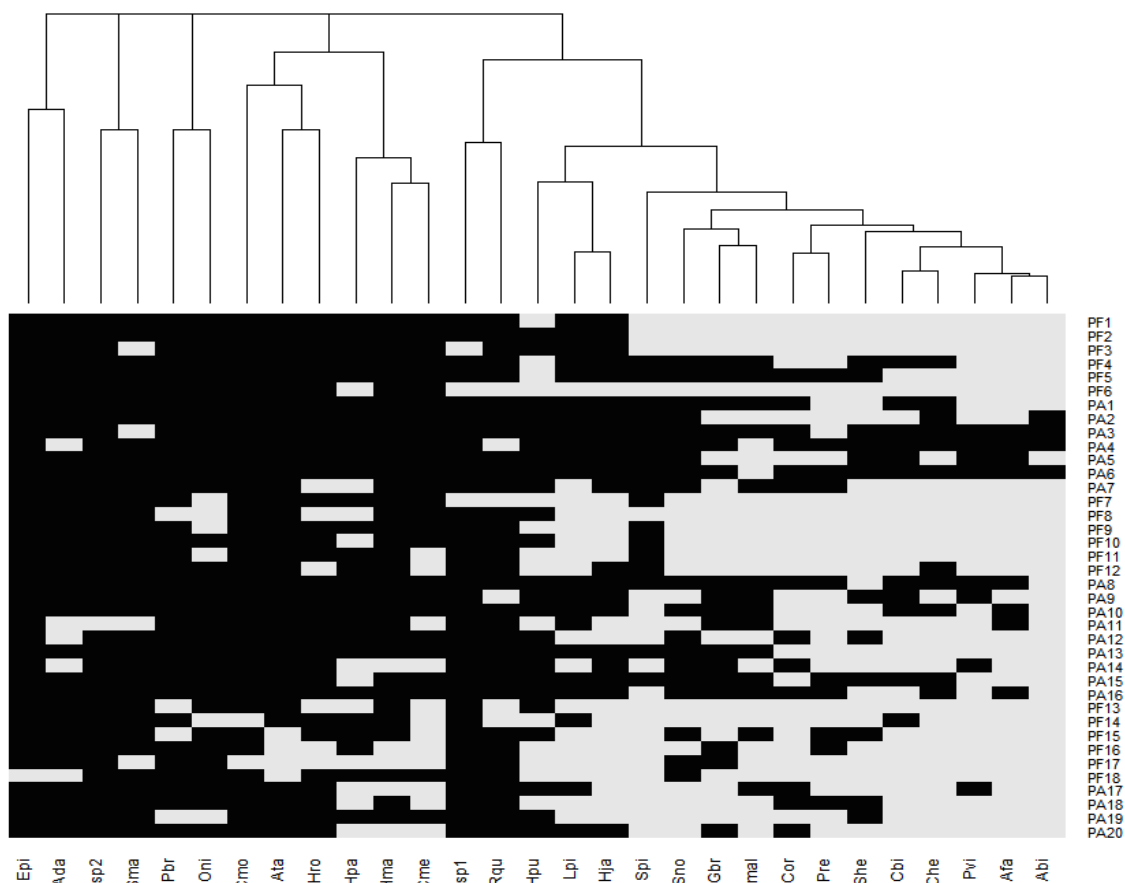
Entre as espécies registradas, apenas *Apareiodon davise* está listada como ameaçada de extinção, segundo a portaria nº445, de 17 de dezembro de 2014 (Brasil 2014). Três espécies são introduzidas: duas da família Cihlidae, o tucunaré *Cichla cf. monóculos* e a tilápia *Oreochromis niloticus*, e o barrigudinho *Poecilia reticulata*, pertencente à família Poeciliidae. Quatro espécies são endêmicas da região Nordeste do país, *Characidium cf. bimaculatum*, *Steindachnerina notonota*, *Cichlasoma orientali* e *Apareiodon davise*. Não foi constatado endemismo, quando se considera a bacia ou as demais drenagens da ecorregião NCCD.

282 Duas espécies registradas pertencentes ao gênero *Parotocinclus* (*Parotocinclus* sp1 e  
 283 *Parotocinclus* sp2) não foram identificadas até nível específico e tratam-se,  
 284 aparentemente, de unidades não descritas.

285 As espécies *Astyanax fasciatus*, *Serrapinnus heterodon*, *Astyanax aff. Bimaculatus*,  
 286 *Compsura heterura* e *Serrapinnus piaba*, *Geophagus brasiliensis*, *Cichlasoma orientali*,  
 287 *Hoplias malabaricus* e *Steindachnerina notonota* tiveram uma ampla distribuição ao  
 288 longo de toda a rede de drenagem, como demonstrado pelo *heatmap* de ordenação (Figura  
 289 4), e formam o principal *cluster* no gráfico, junto com *Hypostomus pusalum*, *Leporinus*  
 290 *piau* e *Cheirodon jaguaribenses*. Em contrapartida, a mesma análise demonstra que  
 291 algumas espécies tiveram uma distribuição restrita a determinados pontos de coleta, tais  
 292 como, *Eleotris pisonis*, coletada unicamente no ponto PF18, e *Parotocinclus* sp2,  
 293 registrada no ponto PA11; *Synbranchus marmoratus* e *Rhamdia quelen*, embora coletadas  
 294 em poucos entre os 38 pontos, quatro e seis, respectivamente, foram registradas nas três  
 295 porções da bacia; *Awaus tajacica* ocorreu apenas no Baixo Curso, enquanto  
 296 *Parotocinclus* sp1, no Alto e Médio Cursos. A introdução de *Cichla cf. monoculus* foi  
 297 registrada apenas em dois pontos do Baixo Curso, e de *Oreochromis niloticus*, em seis  
 298 pontos do Médio e Baixo Curso.

299 Quinze espécies compõem o principal agrupamento produzido pelo *Heatmap*, as quais  
 300 pertencem a oito famílias: Characidae (que incluem nove das 29 espécies registradas na  
 301 bacia, seis delas no cluster principal), Cichlidae, Poeciliidae, Erythrinidae, Curimatidae,  
 302 Anostomidae e Loricariidae. Em se desconsiderando o cluster resultante da ocorrência  
 303 coincidente em um número maior de pontos, e tomando-se como referencia a  
 304 coocorrência em si, as espécies da família Characidae, ocorrem ao longo de toda a bacia,  
 305 a maior parte delas partilhando a mesma ocorrência na maioria dos pontos. *A. fasciatus*,  
 306 *A. bimaculatus*, *Compsura heterura*, *Serrapinnus heterodon* e *Serrapinnus piaba* foram  
 307 registradas em coocorrência em 20 ou mais pontos, enquanto *Cheirodon Jaguaribensis*,  
 308 *Hiphessobrycon parvulus* e *Hemigrammus rodwayi*, embora ocorrendo nas três porções  
 309 da bacia, coocorreram com as espécies citadas acima em menor número de pontos, 16,  
 310 nove e sete pontos, respectivamente. *Hemigrammus marginatus*, como exceção, foi  
 311 registrada apenas no Baixo Curso, em cinco pontos (Figura 5).

312



**Figura 5.** Mapa de calor gerado a partir da matriz de presença/ausência das espécies registradas na bacia do rio Mamanguape; PF – ponto fixo; PA – ponto AquaRap. Epi= *Eleotris pisonis*; Ada= *Apareiodon davisii*; Psp2= *Parotocinclus sp2*; Sma= *Synbranchus marmoratus*; Pbr= *Prochilodus brevis*; Oni= *Oreochromis niloticus*; Cmo= *Cichla cf. monoculus*; Ata= *Awaous tajasica*; Hro= *Hemigrammus rodwayi*; Hpa= *Hyphessobrycon parvulus*; Hma= *Hemigrammus marginatus*; Cme= *Crenicichla menezesi*; Psp1= *Parotocinclus sp1*; Rqu= *Rhamdia quelen*; Hpu= *Hypostomus pularum*; Lpi= *Leporinus piau*; Hja= *Hemigrammus jaguaribensis*; Spi= *Serrapinnus piaba*; Sno= *Steindachnerina notonota*; Gbr= *Geophagus brasiliensis*; Hmal= *Hoplias malabaricus*; Cor= *Cichlasoma orientale*; Pre= *Poecilia reticulata*; She= *Serrapinnus heterodon*; Cbi= *Characidium cf. bimaculatum*; Che= *Compsura heterura*; Pvi= *Poecilia vivípara*; Afa= *Astyanax fasciatus*; Abi= *Astyanax aff. Bimaculatus*.

Ao longo da coleta, foi possível observar o resultado direto da ação humana sobre os ambientes, principalmente margens de rios e córregos, sendo a supressão da vegetação ripária, desenvolvimento de práticas agrícolas, dragagem de areia no leito dos rios e a criação de animais as atividades mais evidentes (Figura 6).





**Figura 6:** Alguns impactos antropogênicos registrados na bacia do rio Mamanguape. A, retirada de vegetação marginal (PF10); B, trecho assoreado do qual foi retirada areia para formação de poça artificial (PF2); C, ao fundo, canto superior direito da foto, observa-se uma torre de dragagem de areia (ver seta, PA12); D, criação de animais e descarte de lixo (ver no canto superior direito, detalhe do canto inferior esquerdo PF8).

#### 4 Discussão

Embora as amostragens tenham sido diferentes (padronizada, seca e cheia, nos Pontos Fixos; dependente das condições do local de coleta, no AquaRap) e realizadas em trechos diferentes da bacia (Pontos Fixos no curso principal; AquaRap nos tributários), os resultados informam o mesmo padrão de presença das espécies, seja entre as amostragens, seja entre os trechos, o que reforça a existência de tais padrões. O conjunto da análise também parece informar que a composição ictiofaunística dos tributários é similar àquela do rio principal. A maior frequência de registro de espécies nos pontos do curso principal pode ser devido ao esforço amostral mais intenso nesse trecho da bacia, além do fato de que, no curso principal, a área de amostragem é mais ampla.

As espécies que estão agrupadas no *cluster* principal são generalistas (omnívoras, detritívoras) ou carnívoras. O mesmo, no entanto, se dá com espécies de ampla distribuição na bacia que estão fora do cluster principal. Por outro lado, *Prochilodus brevis*, detritívoro especialista, ocorre apenas no Baixo e Médio cursos. *E. pisonis* e *A. tajasica* estão entre as espécies de menor frequência e foram coletadas apenas no curso principal, restritas ao Baixo Curso. Essas espécies têm ampla distribuição na região costeira dos Neotrópicos e constituem elementos sob influência marinha/estuarina que adentram ambientes dulcícolas (Pezold e Cage 2002; Sarmiento-Soares et al. 2007).

Duas espécies de *Parotocinclus* foram registradas na bacia, no entanto, *Parotocinclus* sp1 foi registrada apenas no curso principal do Alto e Médio Cursos (PF3, PF6 e PF7), enquanto *Parotocinclus* sp2 foi registrada em um único ponto (PA11) no rio Jacaré, um dos principais afluentes da bacia. Os barrigudinhos *Poecilia vivipra* e *Poecilia reticulata* são amplamente distribuídos, sendo esta última uma espécie introduzida em ambientes de água doce Neotropicais em virtude do descarte de indivíduos dessa espécie por parte de Aquarofilistas ou do uso no controle de vetores biológicos (Kohnem 1991).

*A. davisi*, espécie ameaçada na categoria de Em Perigo, foi registrada em poucos pontos de amostragem, sendo capturados apenas oito indivíduos nos pontos PF18 e PA4, 11, 12 e 14, os quais estiveram situados em áreas de fluxo perene e de correnteza, mesmo que moderada. Um fator que poderia explicar esse padrão de distribuição seria o hábito dessa espécie, comum a toda a família Parodontidae, de preferir ambientes com águas mais turbulentas, onde vive associado ao fundo (Graça & Pavanelli 2007). Essa espécie foi

considerada endêmica das drenagens costeiras do Nordeste Oriental (Rosa et al. 2003), mas Ramos et al. (2014) a registraram na bacia do Paraíba.

Algumas publicações que lidam com levantamento de peixes de água doce da ecorregião NCCD estão disponíveis. Ramos et al. (2005) registraram 22 espécies, 17 gêneros e onze famílias na bacia do rio Curimataú, adjacente àquela do rio Mamanguape. A mesma riqueza (22 espécies) foi observada pelos trabalhos de Toreli et al. (1997) e Gomes-Filho e Rosa (2001), conduzidos na drenagem do rio Gramame. Silva et. al. (2014) registraram 35 espécies no Seridó (região drenada por duas sub-bacias do rio Piranhas, nos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte); Paiva et al. (2014) registraram um total de 13 espécies na bacia do rio Pratiagi, Rio Grande do Norte. Outro trabalho relevante conduzido na região, embora não tenha lidado inteiramente com uma bacia em particular, é o de Rosa e Groth (2004), resultante de levantamentos ictiofanísticos de bacias cujas porções altas correm nos brejos de altitude dos estados da Paraíba (Mamanguape e Paraíba do Norte) e Pernambuco (Capibaribe, Ipojuca, Mundau, Una) o qual registrou 27 espécies nestas áreas. Essa é, portanto, a única publicação que inclui registros da bacia do rio Mamanguape, embora não sejam individualizados, não havendo, portanto, uma lista de espécies da bacia. Rosa e Groth (2004) inclui também material coletado em tributários do rio São Francisco (Ipanema, Moxotó, Pajeú), este último não pertencente a ecorregião NCCD, não sendo esses dados aqui considerados.

Esses estudos citados acima não são completamente comparáveis porque não realizaram um levantamento que apresente uma leitura de toda a extensão da bacia estudada e nenhum deles relata ter feito uma análise da efetividade do esforço amostral. Assim, as leituras sobre a diversidade desses sistemas são ainda potencialmente incompletas. A riqueza total de espécies registrada no presente estudo, 31 espécies, parece refletir proximamente a riqueza local, visto que a maior parte da bacia foi amostrada. Por outro lado, pontos fixos amostrados em ocasiões de seca e cheia no rio principal da bacia expressam ocorrência similares de elementos da ictiofana amostrada nos tributários através de metodologia de AquaRap, apenas em período de seca, como se pode ver na Figura 4. Uma limitação possível da amostragem realizada por esse estudo é o fato de que apenas acesso diurno foi feito na bacia, o que pode estar negligenciando espécies que se abrigam durante o dia.

Albert & Reis (2011) afirmam que a periferia da América do Sul é caracterizada por baixa riqueza de espécies e alto nível de endemismo (contra um núcleo de alta diversidade e baixo endemismo). Ramos et al., (2014) registraram 146 espécies na bacia do Parnaíba, 54 endêmicas, o que corrobora a afirmação de Albert & Reis (2011). A riqueza detectada na bacia do rio Mamanguape é baixa, como acontece com outras bacias pertencentes à NCCD já estudadas (Curimataú, Gramame, Piranhas, Pratiagi), todas elas com baixa riqueza (ver parágrafo anterior). No entanto, não há endemismos registrados nessas bacias. O presente estudo detectou duas espécies não descritas (*Parotocinclus sp1* e *Parotocinclus sp2*), o que pode representar a ocorrência de caso de endemismo nessa bacia. Os levantamentos realizados na NCCD, até o momento, corroboram a afirmação de baixa diversidade emitida por Albert & Reis, mas não sua afirmação sobre alto endemismo.

As espécies da família Characidae estão amplamente distribuídas ao longo da bacia. Essa observação corrobora o padrão de ampla distribuição da família Characidae na região Neotropical (Bertaco e Lucena 2006; Buckup et al. 2007; Mehanna e Penha 2011), que são parte importante dos Carachoidea, o clado dominante na ictiofauna da região Neotropical (Albert & Reis 2011). Rosa et al. (2003) destacaram que, na ictiofauna da Caatinga, os Siluriformes predominam sobre os Chariformes. No entanto, o número de Characiformes registrado na bacia do Mamanguape (sete famílias) soma 15 espécies, enquanto os Siluriformes estão representados pelas famílias Callichthyidae, Loricariidae e Heptapteridae, compreendendo cinco espécies. A ordem Perciformes rivaliza com os Siluriformes, com quatro espécies, seis, se consideradas as introduções de *C. monoculus* e *O. niloticus*; de uma quinta espécie nativa de Perciformes, *Eleotris pisonis*, houve um único registro no ponto mais baixo da bacia, mais próximo, portanto, da área de influência marinha, não sendo, por essa razão, considerada como uma componente importante na fauna dulcícola, e excluída da consideração aqui traçada. Um padrão similar de dominância reduzida de Siluriformes foi registrado na bacia do Curimataú (Ramos et. al 2005), na bacia do Seridó (Silva et al. 2014) e em um levantamento geral da ictiofauna das bacias do Estado do Rio Grande do Norte (Nascimento et al. 2014). Os dados sobre os quais se baseiam Rosa et al. (2003) em sua afirmação sobre predominância de Siluriformes restringem-se à porção das bacias sob influência da caatinga, e não sobre o conjunto de cada bacia (que incluem áreas que cortam a Mata Atlântica em direção ao oceano, por exemplo). Nas ecorregiões Parnaíba (Ramos et al. 2014) e São Francisco

(Barbosa e Soares 2009) os Siluriformes rivalizam em dominância com o Characiformes; Albert & Reis (2011) descrevem a dominância de táxons da bacia amazônica, na qual predominam Charadiformes, seguidos de Siluriformes. Essa predominância reduzida de Siluriformes nas bacias estudadas da NCCD pode refletir inabilidade dessas faunas de permanecer em drenagens que correm em zonas áridas, como é o caso dessa ecorregião. A diferença marcante em relação a dimensão destas bacias (Parnaíba, São Francisco, Amazonas) em comparação com as pertencentes à NCCD, provavelmente, também contribuem para esta diferença, uma vez que os valores da riqueza de espécies em ecossistemas aquáticos é consideravelmente mais elevado em rios com maior área de abrangência, uma vez que nestes existe uma maior complexidade e disponibilidade de habitats (Lowe-McConnell 1991). Por outro lado, Siluriformes ocorrem mais comumente em áreas altas das bacias e muitas espécies têm habito noturno – cabeceiras são, normalmente, as áreas menos amostradas das bacias devido a dificuldades de acesso, e as amostragens são predominantemente noturnas. A baixa riqueza de espécies de Siluriformes nessas bacias pode ser um resultado conjunto dos fatores apontados acima.

A retirada da vegetação ciliar, cujos benefícios para a saúde do rio, bem como para organismos residentes já são bem explorados pela literatura (Sweeney et al. 2004; Casatti et al. 2009; Casatti et al. 2010; Teresa e Casatti 2010; Cruz et al. 2013). Esta ação antrópica se desenvolveu por toda a extensão da bacia do Mamanguape, principalmente em seus cursos médio e baixo, abrindo espaço para demais atividades humanas, que comprometem a estabilidade do sistema, um efeito anteriormente registrado por Andrade (1997 – fac-símile de uma publicação de 1959).

## Literatura Citada

- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., ... & Stiassny, M. L. 2008. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, 58(5), 403-414. doi: 10.1641/B580507
- Albert, J.S. and R.E. Reis. 2011. Introduction to Neotropical Freshwaters; pp. 3–19, in: J.S. Albert, and R.E. Reis (ed.). *Historical Biogeographical of Neotropical Freshwater Fishes*. Berkeley: University of California Press. doi: 10.1525/California/9780520268685.001.0001.
- Andrade, M. C. 1997. O rio Mamanguape. In: Os rios-do-açúcar no Nordeste Oriental./Gilberto de Andrade, Manoel Correia de Andrade – João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, Conselho Estadual de Cultura, 1959.
- Barbosa, J. M. & Soares, E. C. 2009. Perfil da ictiofauna da bacia do São Francisco: estudo preliminar. *Revista Brasileira de Engenharia de Pesca*, 4(1), 155-172. Acesso em <http://ppg.revistas.uema.br/index.php/REPESCA/article/view/140>, 13 de agosto de 2016
- Bertaco, V. A., Lucena, C. A. S. 2006. Two new species of *Astyanax* (Ostariophysi: Characiformes: Characidae) from eastern Brazil with a synopsis of the *Astyanax scabripinnis* species complex. *Neotropical Ichthyology*, Porto Alegre, v. 4, n. 1, p. 53-60. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1679-62252006000100004>
- Brasil, MMA. Portarias nº 443, 444, 445, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União, Seção 1 (245): 110–130, 18 Dezembro 2014. 2014
- Britski, H.A., K.Z.S. Silimon and B.S. Lopes. 2007. Peixes do Pantanal: Manual de Identificação. Brasília: Embrapa. 230 pp.
- Buckup, P. A.; Menezes, N. A. & Ghazzi, M. S. 2007. Catálogo das espécies de peixes de água doce do Brasil. Rio de Janeiro, Museu Nacional.
- Casatti, L. 2010. Alterações no Código Florestal Brasileiro: impactos potenciais sobre a ictiofauna/Changes in the Brazilian Forest Code: potential impacts on the ichthyofauna. *Biota Neotropica*, 10(4), 31. doi: 10.1590/S1676-06032010000400002
- Casatti, L., Ferreira, C. P. & Carvalho, F. R. 2009. Grass-dominated stream sites exhibit low fish species diversity and dominance by guppies: an assessment of two tropical pasture river basins. *Hydrobiologia*, 632: 273-283. doi: 10.1007/s10750-009-9849-y
- CERHPB - Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. 2004. Proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral 47 Norte. João Pessoa – PB.
- Colwell, R.K., Chao, A., Gotelli, N.J., Lin, S.Y., Mao, C.X., Chazdon, R.L. & Longino, J.T. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *J. Plant Ecol.* 5: 3–21. doi: 10.1093/jpe/rtr044
- Cruz, B. B., Miranda, L. E., & Cetra, M. 2013. Links between riparian landcover, instream environment and fish assemblages in headwater streams of south-eastern Brazil. *Ecology of Freshwater Fish*, 22(4), 607-616. doi:10.1111/eff.12065

- 503 Gomes-Filho, G. & Rosa, S. R. 2001. Inventário da Ictiofauna da Bacia do Rio Gramame,  
504 Paraíba, Brasil. In: A Bacia do Rio Gramame: Biodiversidade, Uso e Conservação.  
505 Watanabe, T (ed.). João Pessoa: Prodepa, p 167-173.
- 506 Graça, W. J., Pavanelli, C. S. 2007. Peixes da planície de inundação do alto rio Paraná e  
507 áreas adjacentes. Maringá: EDUEM, 241 p.
- 508 Kohnem, U. P. 1991. O guppy—criação e desenvolvimento. São Paulo: Nobel, 09-26.
- 509 Langeani, F., P.A. Buckup, L.R. Malabarba, L.H.R. Py-Daniel, C.A.S. Lucena, R.S.  
510 Rosa, J.A.S. Zuanon, Z.M.S. Lucena, M.R. Britto, O.T. Oyakawa and G. Gomes-Filho.  
511 2009. Peixes de água doce; pp. 211–230, in: R.M. Rocha and W.A. Boeger (ed.). Estado  
512 da arte e perspectivas para a zoologia no Brasil. Volume I. Curitiba: Sociedade Brasileira  
513 de Zoologia.
- 514 Lowe-McConnell, R. H. 1991. Natural history of fishes in Araguaia and Xingu  
515 Amazonian tributaries, Serra do Roncador–Matto Grosso, Brazil. Ichthyological  
516 Exploration in Freshwaters 2:63–82.
- 517 Malabarba, L.R., Reis, R.E. 1987. Manual de técnicas para a preparação de coleções  
518 zoológicas. Sociedade Brasileira de Zoologia (Campinas) 36:1-14.
- 519 Mehanna, M., & Penha, J. 2011. Fatores abióticos que afetam a distribuição do gênero  
520 Astyanax Baird & Girard, 1854 em riachos de cabeceiras de Chapada dos Guimarães,  
521 bacia do rio Cuiabá, Mato Grosso= Abiotic factor affect the distribution of the genus  
522 Astyanax baird & Girard...Bioscience Journal, 27(1). Acesso em  
523 <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/7196>, 13 de agosto de  
524 2016
- 525 Menezes, N.A., S.H. Weitzman, O.T. Oyakawa, F.C.T. Lima, R.M.C. Castro and M.J.  
526 Weitzman. 2007. Peixes de água doce da Mata Atlântica: lista preliminar das espécies e  
527 comentários sobre conservação de peixes de água doce neotropicais. São Paulo: Museu  
528 de Zoologia da Universidade de São Paulo. 407 pp.
- 529 Nascimento, W. S., Barros, N. H. C., de Araújo, A. S., de Lima Gurgel, L., Canan, B.,  
530 Molina, W. F., Rosa, R. S. & Chellappa, S. 2014. Composição da ictiofauna das bacias  
531 hidrográficas do Rio Grande do Norte, Brasil. Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota  
532 Amazonia, Amazonian Biota), 4(1), 126-131. doi: 10.18561/2179-  
533 5746/biotaamazonia.v4n1p126-131
- 534 Nelson, J. S. 2006. Fishes of the World, 4th edn. John Wiley and Sons, Inc. New York.  
535 624pg.
- 536 Oliveira-Silva, L., Ramos, T. P. A., Ramos, R. T. C., Ramos, S. A. Q. A. 2015. Ictiofauna  
537 da Reserva Ecológica mata do Pau-ferro, bacia do rio Mamanguape, paraíba. in: XXI  
538 Encontro Brasileiro de Ictiologia, Recife.
- 539 Paiva, R. E. C., Lima, S. M. Q., Ramos, T. P. A., & Figueiredo Mendes, L. 2014. Fish  
540 fauna of Pratagi River coastal microbasin, extreme north Atlantic Forest, Rio Grande do  
541 Norte state, northeastern Brazil. Check List, 10(5), 968-975.  
542 doi: <http://dx.doi.org/10.15560/10.5.968>

- 543 Pezold, F. R. A. N. K., & Cage, B. R. Y. A. N. 2002. A review of the spinycheek sleepers,  
544 genus *Eleotris* (Teleostei: Eleotridae), of the Western Hemisphere, with comparison to  
545 the West African species. *Tulane Stud. Zool. Bot.* 31(2), 19-63.
- 546 R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Found  
547 ation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- 548 Ramos, R.T.C., Ramos, T.P.A., Rosa, R.S., Beltrão, G.B.M. & Groth, F. 2005.  
549 Diversidade de Peixes (Ictiofauna) da bacia do rio Curimataú, Paraíba. In: Araujo, F.S.,  
550 Rodal, M.J.N. & Barbosa, M.R.V. Análise das variações da biodiversidade do bioma  
551 caatinga: suporte das estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do Meio  
552 Ambiente, p. 291-318.
- 553 Ramos, T. P. A., Ramos, R. T. D. C., & Ramos, S. A. Q. 2014. Ichthyofauna of the  
554 Paraíba river basin, northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 14(1). Doi:  
555 <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06020140039>
- 556 Ramos, T.P.A. 2012. Ictiofauna de Água Doce da Bacia do Rio Paraíba. Tese de  
557 Doutorado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.
- 558 Reis, R. E., Albert, J. S., Di Dario, F., Mincarone, M. M., Petry, P., & Rocha, L. A. 2016.  
559 Fish biodiversity and conservation in South America. *Journal of Fish Biology*, 89(1), 12-  
560 47. doi: 10.1111/jfb.13016
- 561 Reis, R. E.; Kullander, S. O. & Ferraris JR, C. 2003. Check list of the freshwater fishes  
562 of South and Central America. Porto Alegre: Edipucrs
- 563 Rosa, R.S. & Groth, F. 2004. Ictiofauna dos Ecossistemas de Brejos de Altitude de  
564 Pernambuco e Paraíba. In: Kátia C Porto; J. J. P. Cabral; p.201-210
- 565 Rosa, R.S., Menezes, N.A., Britski, H.A., Costa, W.J.E.M. & Groth, F. 2003.  
566 Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. In: Leal,  
567 I.R., Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. Ecologia e Conservação da Caatinga. Recife: Editora  
568 Universitária da UFPE. p.135-162.
- 569 Sarmento-Soares, L. M., Mazzoni, R., & Martins-Pinheiro, R. F. 2007. A fauna de  
570 peixes na bacia do Rio Peruípe, extremo Sul da Bahia. *Biota Neotropica*, 7(3), 291-308.  
571 doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032007000300031>
- 572 Silva, M. J. D., Ramos, T. P. A., Diniz, V. D., Ramos, R. T. D. C., & Medeiros, E. S. F.  
573 2014. Ichthyofauna of Seridó/Borborema: a semi-arid region of Brazil. *Biota*  
574 *Neotropica*, 14(3), 1-6. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1676-06032014007713>
- 575 Singh, W., Hjørleifsson, E., & Stefansson, G. 2011. Robustness of fish assemblages  
576 derived from three hierarchical agglomerative clustering algorithms performed on  
577 Icelandic groundfish survey data. *ICES Journal of Marine Science: Journal du*  
578 *Conseil*, 68(1), 189-200. doi: 10.1093/icesjms/fsq144
- 579 Sweeney, B. W., Bott, T. L., Jackson, J. K., Kaplan, L. A., Newbold, J. D., Standley, L.  
580 J., Hession, W. C., Horwitz, R. J. & Colman, M. G. 2004. Riparian deforestation,  
581 stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. *Proceedings of the National*



582 Academy of Sciences of the United States of America, 101(39): 14132-14137. doi:  
583 10.1073/pnas.0405895101

584 Teresa, F.B. & Casatti, L. 2010. Importância da vegetação ripária degradada em região  
585 intensamente desmatada no sudeste do Brasil: um estudo com peixes de riacho. Pan-  
586 American Journal of Aquatic Sciences, 5(3): 444-453. Acesso em  
587 <https://www.researchgate.net/publication/220033878>, 13 de Agosto de 2016

588

589

590

591

592

593

594

595

596

597

598

599

600

601

602

603

604

605

606

607

608

609

610

611

612

613

614

## **CAPÍTULO II**

### **DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA ICTIOFAUNA NO CURSO PRINCIPAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MAMANGUAPE, NORDESTE DO BRASIL**



## Resumo

O conhecimento da ecologia dos peixes de água doce ainda é marcado por várias lacunas, ainda mais se considerarmos a ictiofauna dos sistemas lóticos sob influência direta da Caatinga no Nordeste brasileiro. Esse estudo é resultado do levantamento da fauna de peixes da bacia do rio Mamanguape. Seu objetivo foi avaliar a distribuição espaço-temporal das espécies de peixes ocorrentes ao longo do curso principal da bacia e avaliar os padrões encontrados de relação da ictiofauna com descritores ambientais coletados durante a amostragem. Foram considerados três trechos de amostragem a partir de aspectos do relevo e da vegetação local, seis pontos de amostragem em cada trecho, visitados em dois períodos de coleta: cheia (setembro/outubro de 2015) e seca (fevereiro/março de 2016). Os apetrechos rede de arrasto, tarrafa e puçá tiveram o número de lances padronizados e foram os instrumentos empregados na captura dos exemplares. Índices ecológicos e análises multivariadas foram empregados para interpretar os padrões de distribuição observados da ictiofauna. 28 espécies foram registradas nos dois períodos de coleta, sendo observado que não existe substituição importante de espécies entre os períodos de amostragem, apenas variação marcante em suas abundâncias. Maior dominância (abundância) de espécies foi registrada na cheia, e maior diversidade na estação seca. A Análise de Escalonamento Multidimensional Não-Métrico (nMDS) indicou que não há variação significativa na composição da ictiofauna, entre os períodos de seca e cheia, mas mostrou diferenças entre trechos do rio, o que também foi demonstrado pelos índices ecológicos. A altitude, a velocidade da correnteza e o oxigênio dissolvido influenciaram significativamente a distribuição da ictiofauna, de acordo com a Análise Canônica de Redundância (RDA). A escala de tempo na qual foi estruturada o estudo não oferece nenhuma base para se averiguar distinções da ictiofauna entre períodos de amostragem. As diferenças espaciais na composição da ictiofauna denotam a existência de heterogeneidade ambiental entre os diferentes trechos do rio.

**Palavras-chave:** Região Neotropical, Drenagens costeiras, Caatinga, Peixes de água doce, Diversidade.

**Abstract**

The level of knowledge on freshwater fish ecology is still limited, marked by several gaps, especially if we consider the fish fauna of the river systems under the direct influence of the Caatinga in Northeastern Brazil. This study is the result of a survey of the Mamanguape River basin's fish fauna. The aim was to evaluate spatial and temporal distribution of fish species occurring along the main course of the basin and assess the patterns of relationship between fish fauna and environmental descriptors collected during sampling time. Three sampling stretches were settled based on aspects of relief and local vegetation, six sampling points in each stretches visited in two collection periods: rainy (September/October 2015) and dry season (February/March 2016). Beach seine, casting net and deep nets, standardized through number of tows, were the used fishing gear. Ecological indices and multivariate analyzes were used to interpret the observed fish's distributional patterns. 28 species were recorded in the two sampling periods, with no important species substitution between them, but a remarkable variation in abundances was registered. Greater dominance (abundance) of species was recorded in the rainy season, and the greatest diversity in the dry season. The of Non-metric Multidimensional Scaling (nMDS) indicated that there is no significant variation in ichthyofaunal composition between rainy and dry seasons but showed differences this between river stretches, which was also demonstrated by the ecological indicies. The altitude, the current speed and the dissolved oxygen significantly influenced the distribution of fish distribution according to the Canonical Analysis of Redundancy (RDA). The considered timescale offers no basis to reveal distinctions of ictiofauna between sampling periods. The spatial differences in species composition denotes the existence of environmental heterogeneity between different stretches of the river.

**Key-words:** Neotropical region, Coastal drainages, Caatinga, Freshwater fish, Diversity.

## 1 Introdução

Compreender como as características ambientais atuam sobre a estruturação das comunidades tem sido nos últimos tempos uma das principais forças a impulsionar a pesquisa em ecologia de comunidades, tendo em vista a forte associação dos fatores ambientais sobre a sua dinâmica de funcionamento (Hoeinghaus *et al.*, 2007; Suarez e Lima-Junior, 2009; Lemke e Suarez, 2013). No caso das comunidades ícticas uma série de fatores podem influenciar sua dinâmica de funcionamento tais como fatores históricos, biogeográficos, físicoquímicos e interações bióticas (Takahashi *et al.*, 2013).

O ato de quantificar a significância de um dado fator sobre as comunidades de peixes de água doce está diretamente associado com a escala a ser considerada (Suarez e Lima-Junior, 2009). Um número representativo de estudos busca demonstrar a maneira pela qual as assembleias de peixes de água doce estão distribuídas ao longo de seu gradiente de ocorrência (Ferreira e Casatti, 2006; Suárez e Lima-Junior, 2009; Felipe e Suárez, 2010; Felipe, 2010; Cunico, 2012; Hanchet, 2012; Lemke e Suarez, 2013), gerando informações valiosas sobre o funcionamento dessas comunidades e de como as mesmas são afetadas pelas características ambientais que as cercam. Os autores citados acima desenvolveram estudos nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Pouco se sabe a respeito desses padrões estruturais e funcionais da ictiofauna em bacias pertencentes à região Nordeste do país, as quais, em sua maioria, correm em ambiente semiárido, o que oferece um panorama diferente daquele avaliado pelos estudos realizados nas outras regiões do país. A região Nordeste é caracterizada por apresentar um rede hidrográfica moldada por processos históricos de modificações geológicas associada a ocorrência de clima semiárido, com baixas taxas de precipitação que produziram características peculiares, como a presença de rios intermitentes (Ab'Sáber, 1957; Rosa, 2003). Dados publicados sobre a ictiofauna nessas áreas (Rosa, 2003; Rosa, 2004; Ramos, 2005; Nascimento *et al.*, 2014; Ramos *et al.*, 2014) tratam majoritariamente de aspectos taxonômicos. Os estudos disponíveis cobrem uma extensão limitada da hidrografia da região, de forma que ainda existem lacunas consideráveis em sua amostragem, ao mesmo tempo em que poucos entre estes estudos abordam questões acerca dos fatores envolvidos na distribuição dessas comunidades. A compreensão de tais fatores é essencial na tomada de iniciativas que visem o desenvolvimento de conservação da biodiversidade em ecossistemas lóticos (Cetra *et al.*, 2010).

A bacia do rio Mamanguape, bacia costeira da região Nordeste, está inserida na ecorregião das drenagens costeiras do Nordeste-Caatinga (Northeastern Caatinga & Coastal Drainage – NCCD), segundo Abell *et al.*, (2008). Acerca da composição ictiofaunística dessa bacia estão disponíveis informações limitadas – parte de um levantamento mais geral de áreas de cabeceiras (Rosa *et al.*, 2004). Segundo Andrade (1997), a bacia do rio Mamanguape pode ser dividida em três porções (Alta, Média e Baixa), levando em consideração relevo, clima, vegetação e ocupação humana, as quais esse autor denominou como Brejo (Porção Alta), Agreste (Porção Média) e Baixo-Vale (Porção Baixa).

O presente estudo visou caracterizar a assembleia de peixes do rio Mamanguape por meio de levantamento ictiofaunístico e da análise na variação espacial (eixo longitudinal do rio) e temporal (seca e cheia) na perspectiva de responder aos seguintes questionamentos:

- 1) Qual a composição ictiofaunística do rio Mamanguape?
- 2) Existem padrões de variação detectáveis em relação a distribuição espaço-temporal das espécies registradas?
- 3) Dentre as variáveis ambientais coletadas, existe uma ou mais delas que melhor explique a diversidade e distribuição da fauna de peixes nesse sistema?

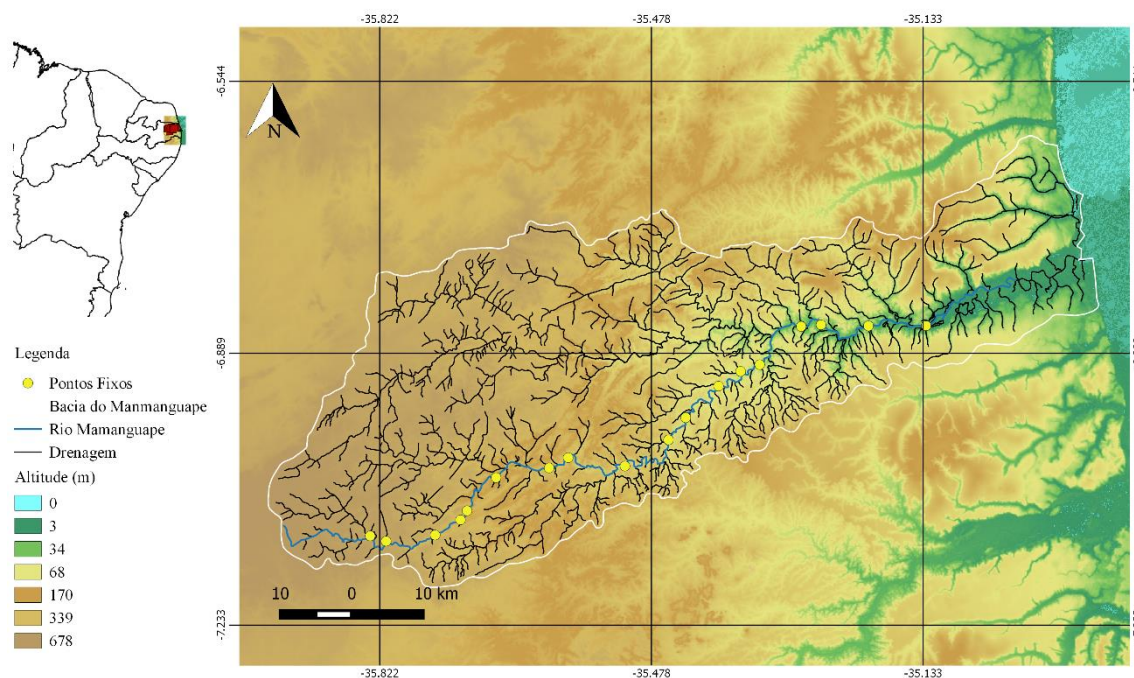
## **2 Material e métodos**

### ***2.1 Área de estudo***

Este estudo foi desenvolvido no curso principal da bacia rio Mamanguape, maior bacia hidrográfica da porção norte do Estado da Paraíba (CERH/PB, 2004). Tem suas nascentes localizadas em altitudes superiores aos 500m, no planalto da Borborema, de onde recebe influência do clima úmido de brejo da encosta do planalto; em seu médio curso, em virtude das mudanças de altitude e vegetação, passa a sofrer influência do agreste, apresentando um maior alargamento de seu leito, característico de drenagens nordestinas com influência do clima semiárido (Andrade, 1997). Ainda segundo o mesmo autor, ocorrem interflúvios arenosos em seu baixo curso, o qual é também úmido em decorrência da influência da Mata Atlântica e da proximidade com o oceano Atlântico.

### ***2.2 Desenho amostral***

Foram distribuídos 18 pontos de coleta ao longo curso principal do rio Mamanguape, sendo estes dispostos da seguinte maneira, de acordo com as porções (aqui considerados como trechos) da bacia definidas no item Material e Métodos do Capítulo 1: pontos 1 a 6, no Alto trecho; pontos 7 a 12, Médio trecho; pontos 13 a 18, Baixo trecho. Em cada unidade amostral, foram conduzidas duas coletas, uma no período de cheia (Agosto/Setembro de 2015) e uma no período de seca (Fevereiro/Março de 2016). Considerando o fato de que o rio é intermitente no Alto e Médio trechos, além dos critérios listados acima, a escolha exata de cada um dos pontos foi influenciada pela acessibilidade à margem do rio, pelas dimensões e profundidade da calha, e a partir de informações coletadas junto aos ribeirinhos, de forma a aumentar as chances de que houvesse água disponível durante a estação seca; no Baixo trecho, o único critério adicional a influenciar a escolha dos pontos foi a acessibilidade.



**Fig. 1.** Mapa da bacia do Mamanguape mostrando a localização dos pontos de coleta ao longo do rio principal da bacia.

### 2.3 Coleta de dados

**Ictiofauna** – As amostragens foram realizadas durante o dia, através do uso de um arrasto de quatro metros com malhas de 5mm entrenós opostos (quatro arrastos em cada ponto); uma tarrafa de 1,7m de altura e malha de 15mm entrenós (6 arremessos); um puçá de 0,6m x 0,6m com malha de 5mm entrenós (10 lances). A escolha destes apetrechos de pesca deu-se em virtude do objetivo de se capturar espécies com diferentes tamanhos, como sugerido por Agostinho *et al.* (2007). Os peixes foram fixados em campo com solução formalina a 10%, após anestesia com solução de eugenol (2 gotas por litro); em laboratório, foram triados e transferidos a uma solução de álcool (70%). A identificação dos exemplares até o menor nível taxonômico foi realizada de acordo com Britski *et al.* (1984, 2007), Menezes *et al.* (2007), Ramos (2012). Após a identificação, os lotes foram etiquetados e tombados junto à Coleção Ictiológica da Universidade Federal da Paraíba. O trabalho de campo foi desenvolvido com autorização ICMBio/SISBIO n° 48004-1/2015.



**Variáveis ambientais** – Foram obtidas com o intuito de testá-las como possíveis preditoras dos padrões de distribuição da ictiofauna estudada. As variáveis químicas coletadas da água foram Oxigênio dissolvido, pH, Temperatura e Condutividade; as variáveis físicas foram Altitude do ponto de coleta, Profundidade Média e Largura Média da calha, Velocidade da Correnteza e Transparência da Água. Estimativas visuais definiram o percentual de vegetação marginal e a intensidade luminosa local sobre o corpo d'água amostrado (0%, 25%, 50%, 75% e 100%), este último, medido como uma proporção inversa ao nível de sombreamento sobre um ponto amostral.

## 2.4 Análise de dados

Afim de fornecer uma caracterização ambiental e averiguar possível tendência de variação espaço-temporal dos dados nas áreas amostradas em relação as variáveis ambientais, foi realizada uma análise de componentes principais (PCA) com permutação do tipo *Bootstrap* (Efron, 1993) para atestar sua significância, sendo a normalização desses dados conduzida através da transformação Z-score (Gotelli 2001). Os resultados gráficos da PCA foram inspecionados considerando a estação de coleta (seca e cheia) e a distribuição dos pontos por trecho do rio (Alto, Médio e Baixo) ao longo de eixo longitudinal. Em seguida, o conjunto de variáveis foi testado inferencialmente através de uma PERMANOVA considerando as mesmas categorias de variação sazonal e temporal mencionados anteriormente.

A eficácia da amostragem da ictiofauna foi inspecionada através da construção de uma curva de rarefação Colwell (2012). A riqueza total de espécies nos pontos amostrados durante os dois períodos foi aferida através de três estimadores não paramétricos: *Jackknife* de primeira e segunda ordem e *Bootstrap*, considerados métodos eficientes para a estimação da riqueza em determinada área (Magurran, 2003). Índices ecológicos como número de espécies, número de indivíduos, Dominância, Diversidade de Shannon (H) e Equitabilidade foram calculados com o objetivo de fornecer possíveis classificações temporais (seca e cheia) e espaciais (Alto, Médio e Baixo trechos) sendo testados significativamente através do método de *Bootstrap*.

Análises de variância foram conduzidas afim de comparar a riqueza total de espécies entre estações de coleta e porções da bacia, considerando para tal a riqueza como variável dependente. Os resultados foram testados significativamente através de uma ANOVA.

Antes da aplicação da análise, avaliou-se a distribuição da normalidade dos dados com aplicação do teste de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) e o de homocedasticidade de Levene (Levene, 1960).

Para observar diferenças espaço-temporais e existência de padrões na distribuição da ictiofauna foram realizadas análises de ordenação de Escalonamento Multidimensional Não-métrico (nMDS), para cada categoria classificatória separadamente, utilizando para tal a medida de similaridade de Sorensen (Bray-Curtis) (McCune e Grace, 2002). Inicialmente, os dados de abundância foram tratados quanto: (1) a presença de linhas e colunas com todos os valores em zero, (2) retirada das espécies com menos de 10% de ocorrência nas amostras e (3) transformados a raiz quarta. Tais transformações são necessárias uma vez que permitem a diminuição da heterocedasticidade (Sokal e Rohlf, 1969). As análises iniciais revelaram a ocorrência de dois pontos de coleta (A4 e A5) com abundância e riqueza muito reduzidos, em comparação com os demais, decorrente do fato de que não ocorreram indivíduos durante a seca, nestes pontos, configurando-se ambos como *outliers*. Portanto, a análise constante dos resultados está baseada em um conjunto de dados que exclui os pontos referidos acima. O teste ANOSIM foi aplicado para avaliar a significância da ordenação produzida pela nMDS.

Para uma melhor visualização acerca da distribuição da ictiofauna ao longo do eixo longitudinal do rio, foi gerado um mapa de calor (*Heatmap*). Tal análise, permite a associação entre espécies e suas respectivas áreas de ocorrência através da transposição da matriz original de abundância das espécies em suas áreas de ocorrência exibindo como resultado gráfico dois pares de dendogramas (Singh, *et al.*, 2010).

A discriminação da influência das variáveis ambientais sobre a ictiofauna foi realizada através de uma Análise Canônica de Redundância (RDA, Redundancy Analysis) (Borcard *et al.* 1992; Peres-neto *et al.* 2006). Para tal, foram utilizadas uma matriz de espécies e uma de variáveis ambientais. Essas matrizes foram compostas com dados somados dos dois períodos de coleta. A decisão de desconsiderar a dimensão temporal foi baseada no resultado da nMDS que demonstrou não haver distinção da composição da ictiofauna entre os períodos de seca e cheia. Assim como na nMDS, os pontos considerados *outliers*, identificados acima, foram excluídos da RDA. O teste de significância foi conduzido através da função “envifit”, que fornece um valor de  $r^2$  para cada variável e, através de um processo de randomização, disponibiliza o valor de

significância do teste a partir de 999 permutações. O valor da significância de cada eixo da análise foi obtido através de uma ANOVA (Chambers, 1992).

O programa PAST (Hammer *et al.*, 2001) foi utilizado para desenvolver a Análise de Componentes Principais e a de Ordenação de Escalonamento Multidimensional Não-métrico, assim como de seus respectivos testes de significância e indices ecológicos. As demais análises foram conduzidas no software R (R Development Core Team 2015).

### 3 Resultados

#### 3.1 Perfil geral do rio Mamanguape

A descrição a seguir é uma abordagem breve do perfil do trecho estudado da bacia rio Mamanguape (no curso principal), a partir dos pontos de coleta, de observações ao longo do deslocamento em campo e de fotografias. O trecho Alto desse rio está localizado em uma área sob influência de clima úmido, caracterizado como Brejo, e dispõe de maior concentração de vegetação em torno de suas margens, a qual se projeta sobre o corpo d'água, em alguns pontos e há uma concentração moderada de macrófitas. O trecho é intermitente, estando restrito a poças, no período de seca (Figura 2A e B). O Alto trecho sofre pouca influência de aglomerações urbanas, restrita a residências de pequenos produtores rurais. O Médio trecho corre em área de menor nível de umidade, com vegetação predominante de caatinga arbustiva, caracterizada como zona de Agreste. Esse trecho está submetido a grande pressão antrópica – à margem do rio estão as cidades de Alagoa Grande e Mulungu, onde ocorre uma redução drástica da vegetação marginal, substituída por espécies usadas para a alimentação de animais (por exemplo, Braquiária, espécie invasora, segundo Pivello, 2005) e humana, alargamento do leito, intensificação de atividades agrícolas, dragagem de areia para a construção cível e criação de animais; macrófitas são escassas. No período de seca, o rio está restrito a poças (Figura 2C e D). O Baixo trecho está sob regime mais úmido e influência da Mata Atlântica, sendo a vegetação marginal conservada em algumas áreas, e majoritariamente substituída por cana de açúcar nas áreas em torno dos pontos B5 e B6, onde ocorre intensa atividade canavieira, com grandes extensões de plantio na margem do rio. Nesse trecho, o rio passa a ser perene (Figura 2E e F), uma vez que recebe o rio Jacaré, um afluente perene ao longo da maior parte de sua extensão (a partir de uma porção de maior umidade do Alto trecho) e afluentes da área de Mata Atlântica; macrófitas ocorrem em baixa abundância. No último ponto de coleta, o sistema margeia a cidade de Mamanguape.



**Figs. 2 a-f.** Pontos de coleta (seca, à esquerda; cheia, à direita) nos três trechos do rio Mamanguape: Alto (a-b), Médio (c-d) e Baixo (e-f).

### 3.2 Variáveis ambientais

Na tabela 1 é possível observar os valores médios e desvios padrão de cada variável ambiental por ponto de amostragem nos dois períodos de coleta. A análise de componentes principais (PCA) revelou o perfil de variação das condições ambientais dos dois períodos de coleta e entre os trechos do rio. Os dois primeiros componentes da

315

316 **Tabela 1:** Variáveis ambientais coletadas nos dois períodos nos diferentes pontos de amostragem ao longo do eixo longitudinal do rio Mamanguape (Média  $\pm$  DP [mínimo e  
317 máximo] por ponto).

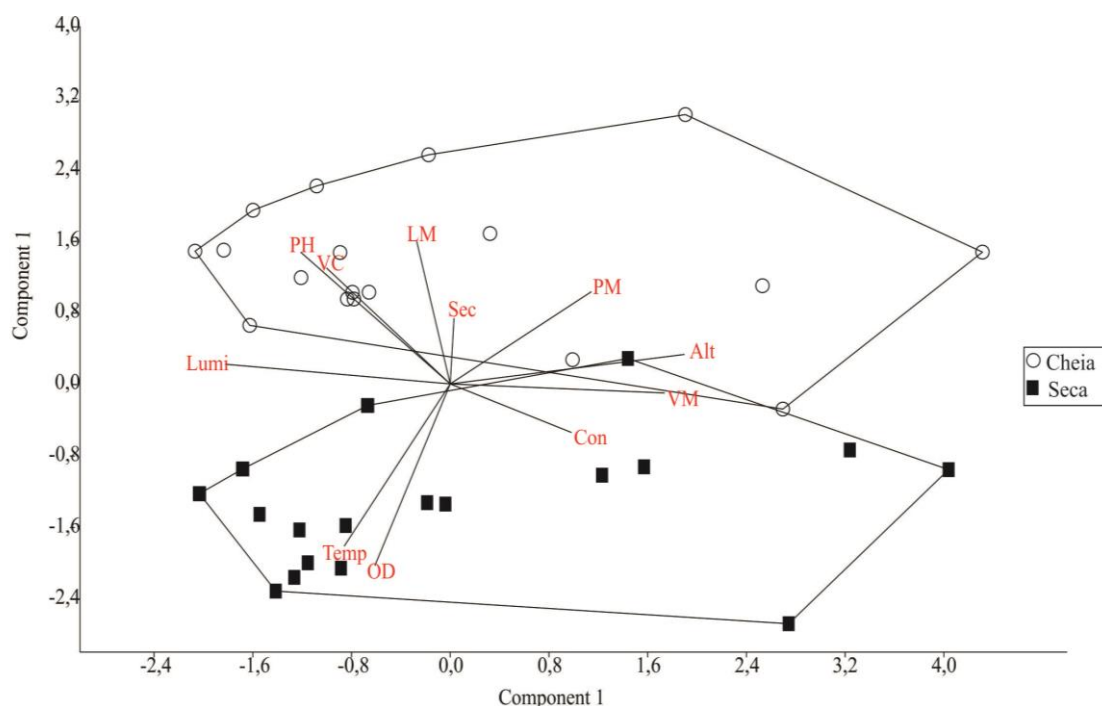
Locais/Variáveis	Temperatura (°C)	Oxigênio dissolvido (ml/L)	PH	Condutividade ( $\mu$ S/cm)	Altitude (m)	Profundidade (m)	Velocidade (km/h)	Largura (m)	Transparência (m)
A1	26,9 $\pm$ 1,6	4,4 $\pm$ 3,3	7,0 $\pm$ 0,3	1550 $\pm$ 296	494	1,25 $\pm$ 0,4	0,15 $\pm$ 0,21	7,5 $\pm$ 0,7	0,9 $\pm$ 0,5
A2	27,7 $\pm$ 0,9	4,4 $\pm$ 2,5	7,0 $\pm$ 0,4	1574 $\pm$ 642	495	1,30 $\pm$ 0,4	0,14 $\pm$ 0,20	3,2 $\pm$ 1,1	0,4 $\pm$ 0,6
A3	27,8 $\pm$ 0,4	4,7 $\pm$ 3,1	7,0 $\pm$ 0,5	1066 $\pm$ 48,0	321	1 $\pm$ 0	0,24 $\pm$ 0,33	4,5 $\pm$ 2,1	0,3 $\pm$ 0,4
A4	28,4 $\pm$ 0,2	4,4 $\pm$ 1,4	7,1 $\pm$ 0,6	1094 $\pm$ 48,7	269	0,50 $\pm$ 0	0,13 $\pm$ 0,19	3,5 $\pm$ 0,7	0,4 $\pm$ 0,1
A5	30,5 $\pm$ 2,6	3,9 $\pm$ 1,4	6,9 $\pm$ 0,4	1162 $\pm$ 173	239	0,50 $\pm$ 0,1	0,28 $\pm$ 0,30	2,2 $\pm$ 0,3	0,5 $\pm$ 0,2
A6	29,0 $\pm$ 3,9	4,2 $\pm$ 2,1	7,4 $\pm$ 1,1	664,8 $\pm$ 459	151	0,80 $\pm$ 0,2	0,55 $\pm$ 0,03	3,2 $\pm$ 1,1	1,1 $\pm$ 0,5
M1	30,0 $\pm$ 1,9	3,8 $\pm$ 2,6	7,1 $\pm$ 0,5	691 $\pm$ 86,6	133	0,40 $\pm$ 0,2	0,99 $\pm$ 0,62	2,7 $\pm$ 0,3	0,4 $\pm$ 0,3
M2	30,3 $\pm$ 3,3	4,9 $\pm$ 4,2	7,4 $\pm$ 0,1	943 $\pm$ 415	119	0,50 $\pm$ 0	0,18 $\pm$ 0,26	4,5 $\pm$ 2,1	0,1 $\pm$ 0,1
M3	31,6 $\pm$ 0,5	7,0 $\pm$ 3,9	7,6 $\pm$ 0,2	680 $\pm$ 749	111	0,50 $\pm$ 0,1	0,61 $\pm$ 0,86	4,2 $\pm$ 2,4	0,7 $\pm$ 0,2
M4	31,4 $\pm$ 0,1	5,5 $\pm$ 2,6	7,4 $\pm$ 0,2	1076 $\pm$ 178	94	0,60 $\pm$ 0,5	0,88 $\pm$ 1,25	5,2 $\pm$ 2,4	0,6 $\pm$ 0,1
M5	31,3 $\pm$ 1,2	6,7 $\pm$ 4,3	7,6 $\pm$ 0,4	1086 $\pm$ 150	97	0,70 $\pm$ 0,4	0,17 $\pm$ 0,24	6,3 $\pm$ 5,2	0,9 $\pm$ 0,2
M6	30,2 $\pm$ 6,0	5,9 $\pm$ 2,5	7,3 $\pm$ 0,1	1088 $\pm$ 138	52	0,50 $\pm$ 0	0,38 $\pm$ 0,54	3,5 $\pm$ 1,4	0,5 $\pm$ 0,1
B1	30,6 $\pm$ 4,0	6,4 $\pm$ 4,1	7,3 $\pm$ 0,2	1089 $\pm$ 130	73	0,85 $\pm$ 0,2	0,37 $\pm$ 0,53	3,2 $\pm$ 1,1	0,6 $\pm$ 0,0
B2	30,8 $\pm$ 2,2	6,3 $\pm$ 2,9	7,5 $\pm$ 0,3	1085 $\pm$ 124	45	0,87 $\pm$ 0,2	0,30 $\pm$ 0,42	3,6 $\pm$ 1,9	0,8 $\pm$ 0,2
B3	30,3 $\pm$ 3,0	6,2 $\pm$ 3,4	7,4 $\pm$ 0,4	883 $\pm$ 366	22,5	0,30 $\pm$ 0	1,37 $\pm$ 0,08	6,0 $\pm$ 0	0,2 $\pm$ 0,2
B4	30,1 $\pm$ 0,5	6,2 $\pm$ 2,9	7,5 $\pm$ 0,3	935 $\pm$ 347	36	0,75 $\pm$ 0,1	0,64 $\pm$ 0,09	8,0 $\pm$ 2,8	0,6 $\pm$ 0,2
B5	29,6 $\pm$ 0,3	6,4 $\pm$ 2,9	7,4 $\pm$ 0,2	931 $\pm$ 341	17	0,75 $\pm$ 0,1	1,05 $\pm$ 0,35	4,0 $\pm$ 2,8	0,4 $\pm$ 0,6
B6	29,4 $\pm$ 0,5	6,4 $\pm$ 3,5	7,4 $\pm$ 0,1	881 $\pm$ 412	20	0,40 $\pm$ 0,2	1,31 $\pm$ 0,30	5,5 $\pm$ 3,5	0,2 $\pm$ 0,2

318

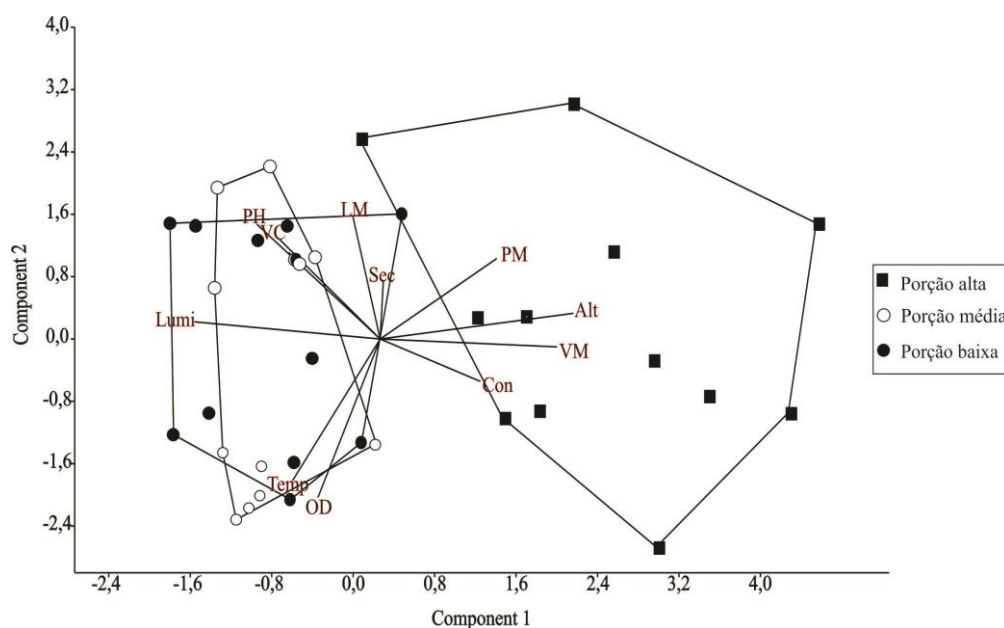
319



análise explicaram 51,48% da variação dos dados. A PCA gerada para avaliar os descritores ambientais evidenciou uma ordenação que separou os dois períodos de amostragem (seca e cheia) (Figura 3), sendo a temperatura e a concentração de oxigênio dissolvido as variáveis com maior influência no período de seca, e o pH e a largura média, as variáveis mais influentes durante o período de cheia. Altitude, vegetação marginal e luminosidade não tiveram influência na diferenciação entre os períodos. A análise das variáveis ambientais demonstrou que o Alto trecho distingue-se do Médio e Baixo, e que estes dois últimos não diferem entre si (Figura 4). Os testes de significância evidenciaram a existência de diferenças entre períodos de amostragem (PERMANOVA,  $F=7,75$  e  $p=0,0001$ ). Quando considerados conjuntamente os trechos do rio, a análise percebe diferença significativa entre eles (PERMANOVA,  $F=5,372$  e  $p=0,0001$ ). No entanto, quando comparados um a um, a análise demonstra não haver diferença significativa entre o Médio e o Baixo trechos (PERMANOVA,  $F=1,006$  e  $p=0,3919$ ), confirmando, assim, o observado no resultado gráfico da PCA.



**Fig. 3.** Diagrama de ordenação (PCA) das variáveis ambientais entre os períodos de coleta (seca e cheia). Temp= Temperatura da água; OD= oxigênio dissolvido; Con= condutividade; VM= vegetação marginal; Alt= altitude; PM= profundidade média; Sec= transparência (secchi); LM= largura média; VC= velocidade da correnteza; Lum: luminosidade; pH.



**Fig. 4.** Diagrama de ordenação (PCA) das variáveis ambientais entre os trechos amostrados. Temp: Temperatura da água, OD= oxigênio dissolvido; Con= condutividade; VM= vegetação marginal; Alt= altitude; PM= profundidade média; Sec= transparência (secchi); LM= largura média; VC= velocidade da correnteza; Lumi= luminosidade; pH.

### 3.3 Aspectos estruturais da ictiofauna

Um total de 22.660 espécimes coletados estão distribuídos em 28 espécies, 22 gêneros, 14 famílias e cinco ordens (Tabela 2). Desse total, 83% está representado pela ordem Characiformes, com sete famílias, 12 gêneros e 15 espécies; outras ordens com predominância foram Perciformes (duas famílias, seis espécies) e Siluriformes (duas famílias, três espécies). Entre as famílias, de Characidae se coletou o maior número de espécies (nove, 32,14%). Da família Cichlidae (Perciformes), foram coletadas cinco espécies (17,8%), seguida de Locariidae (Siluriformes) e Poeciliidae (Cyprinodontiformes), com duas espécies, cada (7,14%).

Espécimes de uma espécie não descrita de *Parotocinclus* foram coletados no Alto e Médio cursos e serão submetidos a processo de descrição.

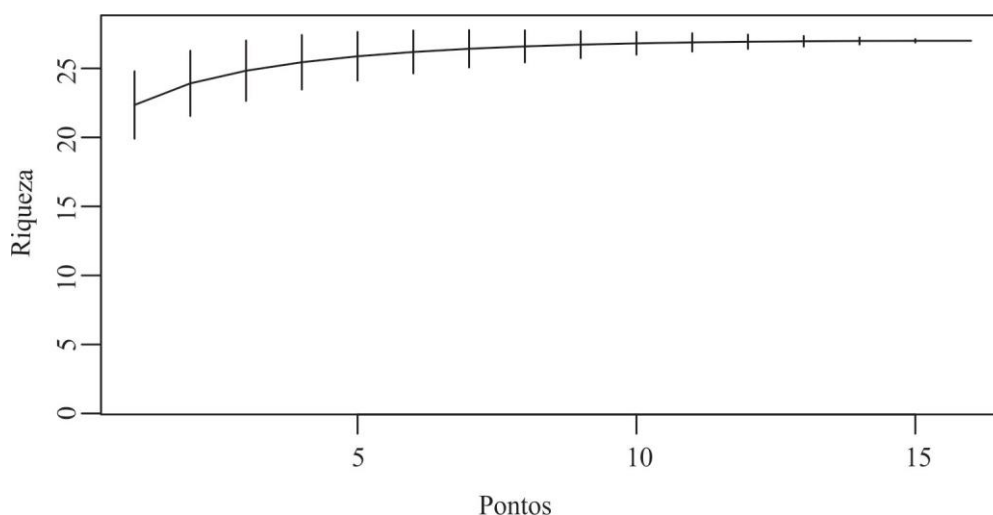


361 **Tabela 2:** Lista de espécies de peixes de água doce do rio Mamanguape verificados no presente estudo ( <sup>(I)</sup>  
 362 Introduzida; <sup>(A)</sup> Ameaçada; <sup>(E)</sup> Eurialina) nos períodos de seca e cheia e respectivos trechos de ocorrência  
 363 no rio (trechos, A= Alto; M= Médio; B= Baixo).

ORDEM/ Família / Espécie	Nº		Ocorrência	Voucher
CHARACIFORMES	Cheia	Seca		
<b>Parodontidae</b>				
<i>Apareiodon davisi</i> Fowler, 1941 <sup>(A)</sup>	1	3	B	UFPB 10186
<b>Curimatidae</b>				
<i>Steindachnerina notonota</i> Miranda Ribeiro, 1937	1473	363	A, M, B	UFPB 10158
<b>Prochilodontidae</b>				
<i>Prochilodus brevis</i> Steindachner, 1875	5	4	M, B	UFPB 10238
<b>Anostomidae</b>				
<i>Leporinus piau</i> Fowler, 1941	42	6	A, M, B	UFPB 10172
<b>Crenuchidae</b>				
<i>Characidium cf. bimaculatum</i> Fowler, 1941	127	472	A, M, B	UFPB 10166
<b>Characidae</b>				
<i>Astyanax aff. bimaculatus</i> Linnaeus, 1758.	1365	606	A, M, B	UFPB 10163
<i>Astyanax fasciatus</i> Cuvier, 1819.	5583	3103	A, M, B	UFPB 10157
<i>Compsura heterura</i> Eigenmann, 1915	470	1139	A, M, B	UFPB 10179
<i>Cheirodon jaguaribensis</i> Fowler, 1941	588	96	A, M, B	UFPB 10161
<i>Hemigrammus marginatus</i> Ellis, 1911	14	136	B	UFPB 10784
<i>Hemigrammus rodwayi</i> Durbin, 1909	130	101	M, B	UFPB 10782
<i>Hyphessobrycon parvulus</i> Ellis, 1911	68	97	A, M, B	UFPB 10825
<i>Serrapinnus heterodon</i> Eigenmann, 1915	795	1776	A, M, B	UFPB 10233
<i>Serrapinnus piaba</i> Lutken, 1875	138	248	A, M, B	UFPB 10252
<b>Erythrinidae</b>				
<i>Hoplias malabaricus</i> Bloch, 1794	73	55	A, M, B	UFPB 10175
<b>SILURIFORMES</b>				
<b>Loricariidae</b>				
<i>Hypostomus pusarum</i> Starks, 1913	43	9	A, M, B	UFPB 10191
<i>Parotocinclus sp.</i>	11	0	A, M	UFPB 10272
<b>Heptapteridae</b>				
<i>Rhamdia quelen</i> Quoy & Gaimard, 1824	15	2	A, M, B	UFPB 10265
<b>CYPRINODONTIFORMES</b>				
<b>Poeciliidae</b>				
<i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859 <sup>(I)</sup>	393	370	A, M, B	UFPB 10171
<i>Poecilia vivipara</i> Bloch & Schneider, 1801	1369	753	A, M, B	UFPB 10169
<b>SYNBRANCHIFORMES</b>				
<b>Synbranchidae</b>				
<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch, 1795	0	4	A, B	UFPB 10801
<b>PERCIFORMES</b>				

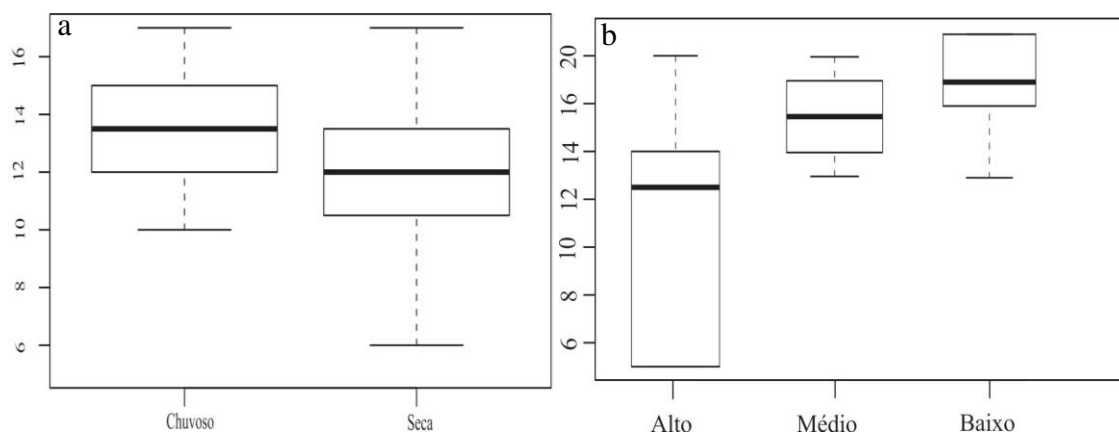
<b>Cichlidae</b>				
<i>Cichla cf. monoculus</i> Bloch & Schneider, 1801 <sup>(I)</sup>	6	0	B	UFPB 10276
<i>Cichlasoma orientale</i> Kullander, 1983	86	37	A, M, B	UFPB 10162
<i>Crenicichla menezesi</i> Ploeg, 1991	43	9	M, B	UFPB 10165
<i>Geophagus brasiliensis</i> Quoy & Gaimard, 1824	264	136	A, M, B	UFPB 10159
<i>Oreochromis niloticus</i> Linnaeus, 1758 <sup>(I)</sup>	7	79	A, M, B	UFPB 10286
<b>Gobiidae</b>				
<i>Awaous tajasica</i> Lichtenstein, 1822 <sup>(E)</sup>	3	2	B	UFPB 10193
<b>Eleotridae</b>				
<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin, 1789) <sup>(E)</sup>	0	2	B	UFPB 10812
<b>Total</b>	13052	9608	-	-

Pode-se afirmar que o acesso realizado no presente estudo amostrou suficientemente a ictiofauna, dado que a curva de rarefação atingiu a assíntota (Figura 5). Os valores obtidos com a aplicação dos estimadores de riqueza aproximaram-se do número de espécies registrado em campo (28 espécies): *Jackknife 1*=28,87; *Jackknife 2*=28,99; *Bootsrap*=28,04. A riqueza de espécies nos dois períodos de amostragem foi a mesma, porém, *Parotocinclus sp.* e *Cichla cf. monoculus* foram registradas unicamente no período de cheia, e *Symbranchus marmoratus* e *Eleotris pisonis*, somente no período de seca.



**Fig. 5:** Curva de rarefação produzida a partir dos 18 pontos de amostragem distribuídos ao longo do eixo longitudinal do rio Mamanguape. A linha representa os valores médios e as barras verticais a variação da curva.

A análise de variância da riqueza de espécies nos dois períodos de amostragem (seca e cheia) não se mostrou significativa (ANOVA,  $F=1,427$ ,  $p=0,245$ ). Considerado os diferentes trechos do rio (Alto, Médio e Baixo), o teste foi significativo, indicando diferenças na riqueza de espécies (ANOVA,  $F=4,459$ ,  $p=0,03$ ), sendo a maior riqueza observada no Baixo trecho (Figura 6a e b).



**Figs. 6 a-b.** Riqueza de espécies nos períodos de cheia e seca (a) e ao longo do eixo longitudinal do rio Mamanguape (b) a partir da Análise de variância.

A maior abundância de espécies foi registrada no período de cheia, que também apresentou o maior índice de dominância de espécies (seca: 0,169; cheia=0,226 [Boot,  $p=0,001$ ]). Os índices Diversidade de Shannon (seca=2,179; cheia=2,005, [Boot,  $p=0,001$ ]) e Equitabilidade (seca=0,668; cheia= 0,615, [Boot,  $p=0,001$ ]) apresentaram os maiores valores no período de seca (Tabela 3).

Ao longo do eixo longitudinal do rio, foi possível observar que as maiores abundâncias, bem como o índice de dominância, foram mais elevados em seu trecho Alto. Os maiores valores de diversidade e de equitabilidade foram registrados no Baixo trecho do sistema (Tabela 4).

**Tabela 3.** Discritores ecológicos da ictiofauna do rio Mamanguape comparando os dois períodos de amostragem

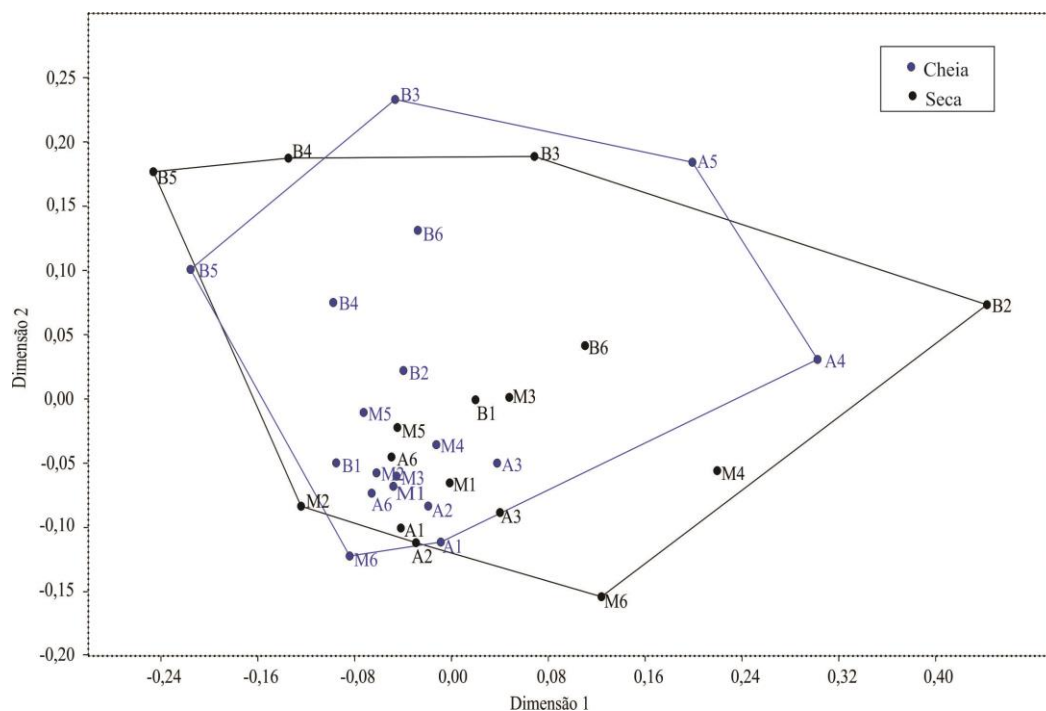
Índices	Períodos		Significância Boot p
	Cheia	Seca	
Riqueza (S)	28	28	1
Exemplares (n)	13,052	9,608	0
Dominância (D)	0,226	0,169	0,001
Diversidade ( $H'$ )	2,005	2,179	0,001
Equitabilidade (J)	0,615	0,668	0,001

**Tabela 4.** Descritores ecológicos da ictiofauna nos diferentes trechos do rio Mamanguape.

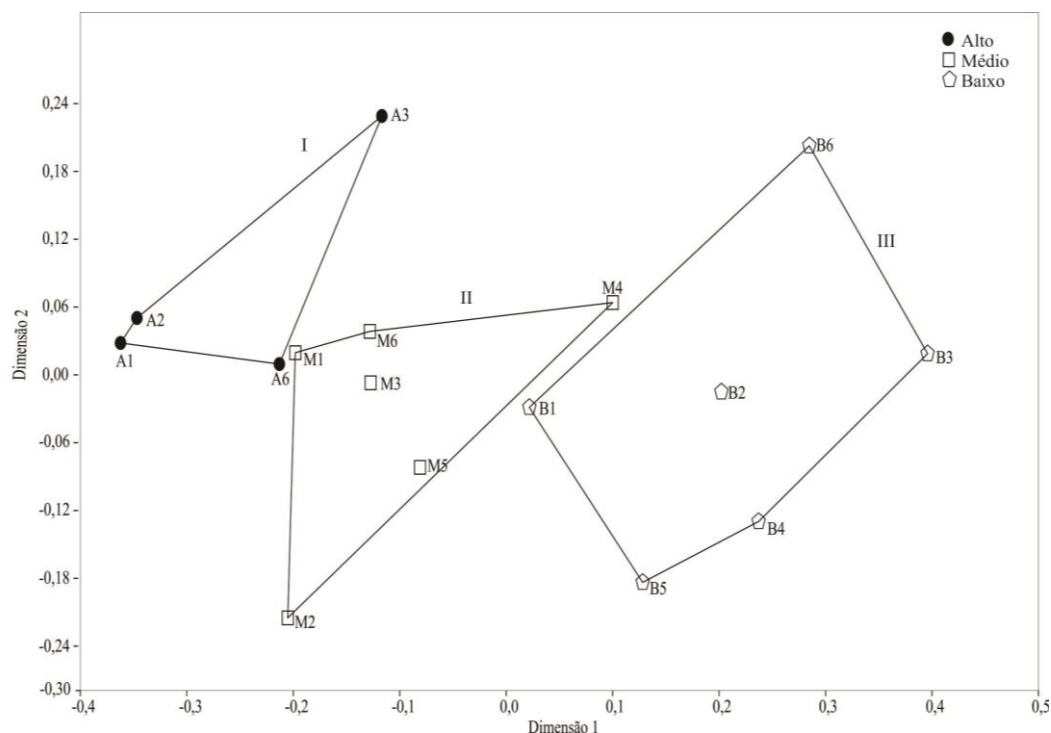
Indícies	Trechos			Significância (Boot p)		
	Alto	Médio	Baixo	A/M	M/B	A/B
Espécies (S)	19	22	27	0,001	0,01	0,001
Exemplares (n)	10349	8677	3494	0	0	0
Dominância (D)	0,2353	0,1914	0,1552	0,001	0,001	0,001
Diversidade (H')	1,861	2,035	2,347	0,001	0,001	0,001
Equitabilidade (J)	0,632	0,658	0,712	0,002	0,001	0,001

A análise nMDS não mostrou diferenciação entre períodos de coleta, sendo os dois primeiros eixos responsáveis por explicar 93% da ordenação, com um valor de *stress* de 0,164 (confiável, segundo Clarke, 1993). O gráfico resultante da análise evidenciou sobreposição entre os dois períodos, indicando que a fauna de peixes é semelhante (Figura 7). O resultado dessa ordenação foi corroborado pela análise de significância ANOSIM:  $R = 0,0605$ ,  $p = 0,513$ .

Considerando o rio em seu eixo longitudinal, o resultado gráfico da análise evidenciou a distinção da ictiofauna entre os diferentes trechos (ANOSIM,  $R=0,4888$ ,  $p=0,0004$ ), sendo 81% da ordenação explicado pelos dois primeiros eixos. Os trechos, em separado, são distintos (ANOSIM, Alto e Médio,  $R= 0,396$ ,  $p=0,014$ ; Médio e Baixo:  $R=0, 559$ ,  $p=0,002$ ; Alto e Baixo:  $R=0,694$ ,  $p= 0,010$ ). A união dos pontos de cada grupo através de linhas convexas permitiu a visualização destes agrupamentos (Figura 8). Apesar da significância obtida, o último ponto do trecho Alto (A6) está posicionado muito proximamente do primeiro ponto do trecho Médio, sugerindo similaridade entre ambos; o mesmo se pode observar em relação ao ponto mais a montante do Baixo trecho (B1), que está posicionado muito proximamente da linha de limite do trecho Médio (Figura 8).



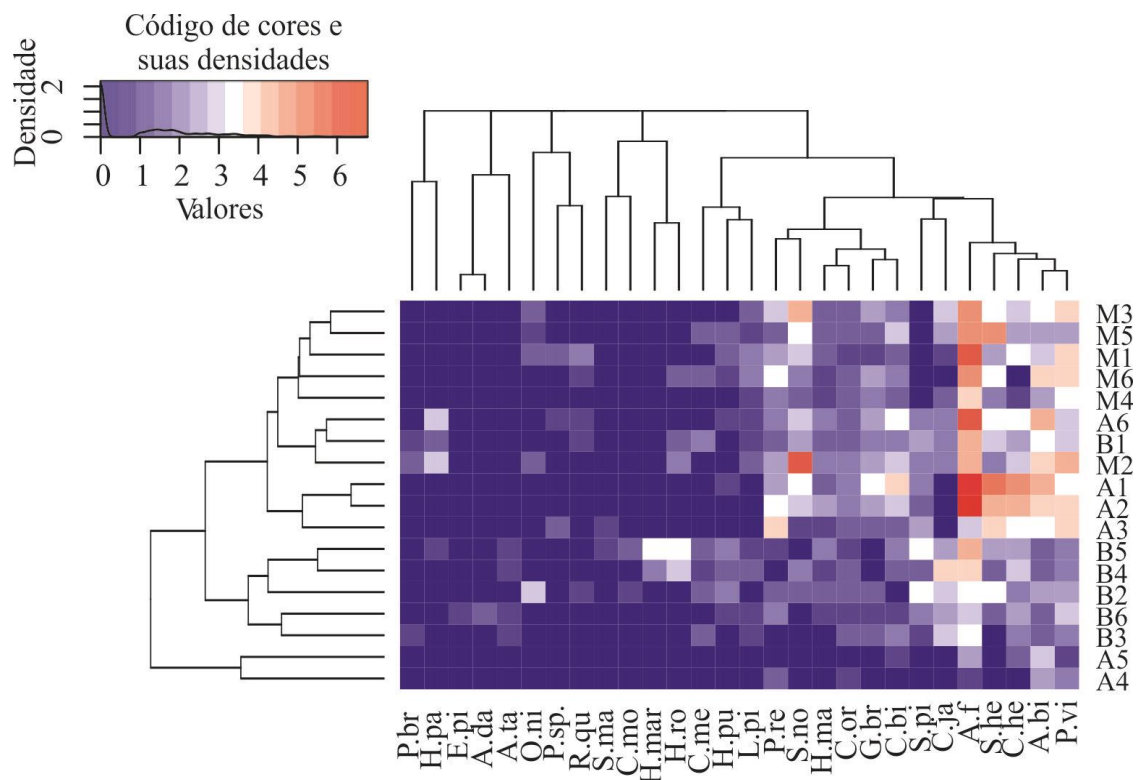
**Fig. 7.** Representação gráfica da análise da composição ictiofaunística (NMDS, dois primeiros eixos) entre os dois períodos de coleta (seca e cheia).



**Fig. 8** Representação gráfica da análise da distribuição espacial da ictiofauna (NMDS, dois primeiros eixos) ao longo do eixo longitudinal do rio Mamanguape.

O *Heatmap* (Figura 9) demonstra que as espécies com as distribuições mais amplas ao longo de todo o trecho de amostragem tiveram as maiores abundância registradas no Alto (*Astyanax fasciatus*, *Serrapinnus heterodon*, *Compsura heterura*, *Astyanax aff.*

*Bimaculatus*, *Serrapinnus notonota*, *Poecilia vivípara* e *Poecilia reticulata*) e no Médio trecho (*A. fasciatus*, *S. notonota*). Outras espécies com ampla distribuição, porém com menores valores de abundância foram *Characidium cf. bimaculatum*, *Geophagus brasiliensis*, *Cichlasoma orientali*, *Hemigrammus maabaricus*, *Leporinus piau*, *Hypostomus pusalum* e *Crenicichla menezesi*. Em contrapartida, a análise demonstra que *Eleotris pisonis* e *Apareiodon davisi* tiveram distribuição restrita a um único ponto no Baixo trecho do rio (B6); padrão similar de ocorrência é observado acerca de *Hemigrammus marginatus*, que também teve distribuição restrita a este trecho do sistema. *Parotocinclus* sp. foi registrada em pontos com maiores altitudes nos trechos Alto e Médio. *Serrapinnus piaba* foi registrada mais frequentemente nos trechos Médio e Baixo, e em apenas um ponto do Médio trecho.



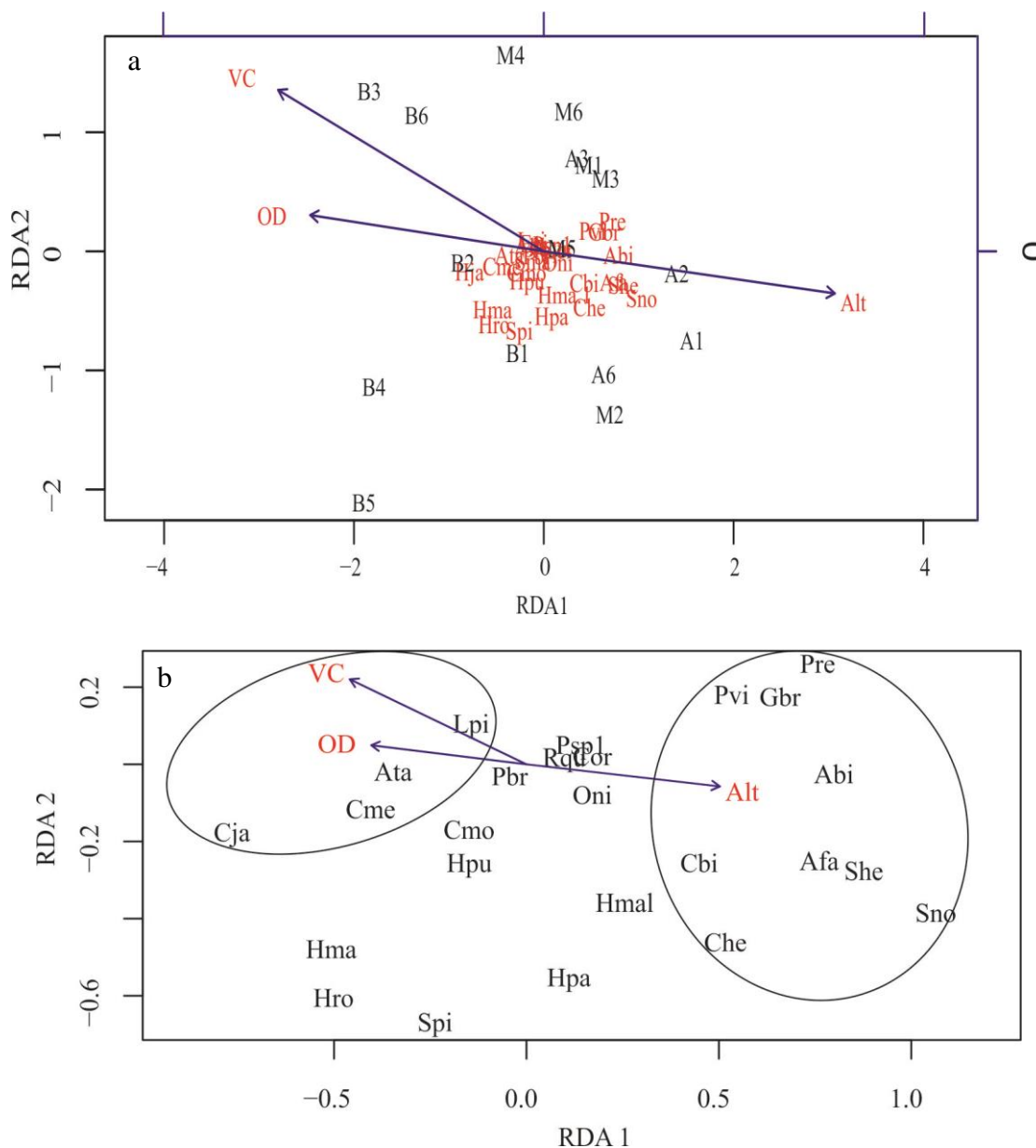
**Fig 9:** Heatmap mostrando a abundância das espécies de peixes em cada ponto de amostragem ao longo do curso do rio Mamanguape, nos períodos de seca e cheia, somados. No eixo X estão as espécies e, no Y, os pontos de coleta. Menor e maior abundância entre o azul e o magenta; branco: intermediário. Pbr= *Prochilodus brevis*; Hpa= *Hyphessobrycon parvulus*; Epi= *Eleotris pisonis*; A.da= *Apareiodon davisi*; Ata= *Awaous tajassica*; Oni= *Oreochromis niloticus*; P.sp= *Parotocinclus* sp.; Rqu= *Rhamdia quelen*; Sma= *Synbranchus marmoratus*; Hma= *Hemigrammus marginatus*; Hro= *Hemigrammus rodwayi*; Cme= *Crenicichla menezesi*; Hpu= *Hypostomus pusalum*; Lpi= *Leporinus piau*; Pre= *Poecilia reticulata*; Sno= *Steindachnerina notonota*; H.mal= *Hoplias malabaricus*; C.or= *Cichlasoma orientale*; G.br= *Geophagus brasiliensis*; Cbi= *Characidium cf. bimaculatum*; Spi= *Serrapinnus piaba*; C.ja= *Cheirodon jaguaribensis*; Afa= *Astyanax fasciatus*; She= *Serrapinnus heterodon*; Che= *Compsura heterura*; Abi= *Astyanax aff. Bimaculatus*; Pvi= *Poecilia vivípara*.

O dendograma de área associado ao *Heatmap* demonstra que existe similaridade da ictiofauna entre a maior parte dos pontos ao longo do eixo longitudinal do rio. Isso se observa na formação de agrupamentos por trecho: Alto [A1,2,3], Médio [M1,3,4,5,6] e Baixo [B2,3,4,5,6]. Os pontos A4 e A5 não apresentaram similaridade com nenhum dos três trechos do rio – nestes pontos não foram capturados peixes durante a coleta realizada no período de seca e um baixo número de espécies e indivíduos foram coletados na cheia. Os pontos A6, M2 e B1 agruparam-se separadamente e com o conjunto dos pontos no Médio curso.

Os dois primeiros eixos da Análise de Redundância explicaram 58,1% da variação total da distribuição da ictiofauna no rio Mamanguape. Os descritores ambientais cujos valores são indicados pela análise com significativos sobre a distribuição dos peixes, foram a Velocidade da Correnteza, Oxigênio Dissolvido e Altitude (Tabela 5), os dois primeiros com maiores valores registrados no Baixo curso do rio. Os resultados da análise sugerem que as espécies *Leporinus piau*, *Awaous tajasica*, *Crenicichla menezesi* e *Cheirodon jaguaribensis* têm forte associação com áreas de maior velocidade de correnteza, especialmente *L. piau*, enquanto as demais estiveram também associadas com áreas de maior concentração de Oxigênio Dissolvido do Baixo curso (Figura 10 a). Das espécies *Astyanax aff. bimaculatus*, *Astyanax fasciatus*, *Steindachnerina notonota*, *Serrapinnus heterodon*, *Compsura heterura*, *Characidium cf. bimaculatum*, *Poecilia vivípara*, *Geophagus brasiliensis* e *Poecilia reticulata* foram registradas as maiores abundâncias em áreas com maiores altitudes (Figura 10 b).

**Tabela 5:** Resultado da análise de Redundância (RDA) da correlação entre a assembleia de peixes e as variáveis ambientais no rio Mamanguape.

Variável ambiental	RDA 1	RDA 2	r <sup>2</sup>	p
Temperatura da água	-0.86919	0.49447	0.1928	0.234
Oxigênio dissolvido	-0.99258	0.12156	0.3740	0.049 *
PH	-0.99329	-0.11561	0.2493	0.145
Condutividade	0.97393	-0.22687	0.1519	0.357
Altitude	0.99355	-0.11343	0.5797	0.006 **
Profundidade médeia	0.73756	-0.67528	0.3562	0.054 .
Velocidade da correnteza	-0.90151	0.43276	0.5876	0.002 **
Largura média	-0.99659	-0.08249	0.0679	0.635
Luminosidade	-0.79027	0.61276	0.0433	0.770
Vegetação marginal	0.55592	-0.83124	0.1076	0.450
Transparência	0.81571	-0.57846	0.1200	0.428
Varição explicada (%)	42,63	15,47	-	-



**Fig. 10 a-b.** Análise de redundância (RDA) da correlação entre a assembleia de peixes e os descritores ambientais. a: relação com os pontos de amostragem; b: relação predominante com a distribuição das espécies. A elipse e o círculo foram desenhados sobre a figura B para mostrar as espécies com maior correlação em relação aos descritores ambientais cujos valores são significativos na distribuição da ictiofauna. Sma= *Synbranchus marmoratus*; Pbr= *Prochilodus brevis*; Oni= *Oreochromis nilóticos*; Cmo= *Cichla cf. monoculus*; Ata= *Awaous tajasica*; Hro= *Hemigrammus rodwayi*; Hpa= *Hyphessobrycon parvellus*; Hma= *Hemigrammus marginatus*; Cme= *Crenicichla menezesi*; Psp1= *Parotocinclus* sp; Rqu= *Rhamdia quelen*; Hpu= *Hypostomus pusarum*; Lpi= *Leporinus piau*; Cja= *Cheirodon jaguaribensis*; Spi= *Serrapinnus piaba*; Sno= *Steindachnerina notonota*; Gbr= *Geophagus brasiliensis*; Hmal= *Hoplias malabaricus*; Cor= *Cichlasoma orientale*; Pre= *Poecilia reticulata*; She= *Serrapinnus heterodon*; Cbi= *Characidium cf. bimaculatum*; Che= *Compsura heterura*; Pvi= *Poecilia vivípara*; Afa= *Astyanax fasciatus*; Abi= *Astyanax aff. Bimaculatus*



#### 4 Discussão

A distinção baseada na variação das condições ambientais entre os períodos de seca e cheia, evidenciada pela PCA, pode ser resultado de mudanças advindas de diferentes concentrações de matéria orgânica carregada para o leito do rio entre esses dois períodos – durante a cheia é esperado um maior aporte proveniente dos escoamentos produzidos pelas chuvas (Uieda & Kikuchi, 1995; Afonso *et al.*, 2000), além da distinção esperada na temperatura, e na largura e profundidade médias do corpo do rio. Semelhantemente, em regiões úmidas, como a Amazônia, esse mesmo fenômeno acontece. Bernardi *et al.* (2012), em estudo realizado no Alto rio Madeira e tributários, chamam a atenção para a ocorrência de diferenças marcantes nas variáveis físico-químicas, entre períodos de cheia e de estiagem, e ainda salientam a PCA como um método eficaz de leitura nesse tipo de avaliação. Abelha *et al.* (2001) afirmam que esse mesmo processo de aumento do aporte de material orgânico se desenvolve nas bacias do Amazonas e do Paraná, durante a cheia. Outro fator que pode ser associado ao padrão de variação temporal observado é a diminuição do volume de água, no período de seca, que, em sentido oposto, resulta em menor quantidade de aporte orgânico e elevação de temperatura, o que deve influenciar a proporção de elementos que determinam essa diferenciação nas características da água, nos dois períodos.

O resultado obtido com a PCA (Figura 4) revela uma distinção das variáveis ambientais no Alto em relação ao Médio e Baixo trechos, que são similares entre si, influenciada pela altitude (entre 500 e 200 metros no Alto trecho) e pela vegetação marginal, que é melhor conservada em relação aos dois outros trechos. Essa distinção pode estar relacionada com a antropização da bacia, de maior intensidade nos Médio e Baixo trechos; nestes, a maior parte dos pontos amostrados estão desprovidos de vegetação marginal e o leito do rio sofre forte assoreamento. Por outro lado, os valores mais altos das variáveis químicas estão associados à semelhança entre o Médio e Baixo trechos, ao mesmo tempo em que define a distinção entre estes e o Alto trecho. Mais uma vez, este padrão pode estar associado à antropização, dado que nas duas porções mais baixas do rio estão presentes um maior número de aglomerações urbanas, as quais lançam esgotos *in natura* no rio (domésticos e industriais), algo salientado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba (CERH/PB, 2004).

Nos trechos Médio e Baixo desse sistema existe uma intensa atividade canavieira que provavelmente está associada ao lançamento de pesticidas e de fertilizantes empregados

no enriquecimento dos solos, assim como observado por Watanabe *et al.* (1994) que, ao estudar a influência dos canaviais sobre a contaminação em corpos hídricos na zona costeira paraibana, registrou elevadas concentrações de nitrato no Rio Açu, afluente do rio Mamanguape (Baixo trecho), interpretado pelos autores como indicador de contaminação ambiental. Levando em consideração que a prática do plantio não cessou após tal observação, há de se esperar que ainda haja forte influência de tais atividades sobre alterações limnológicas nestas áreas.

O índice de diversidade foi maior durante o período de seca, o que está relacionado com a dominância maior de espécies no período de cheia, associada a uma equitabilidade menor no mesmo período (Tabela 3). Isso pode ser melhor entendido comparando-se os valores da abundância de espécies generalistas como *Astyanax fasciatus*, *Astynax* aff. *Bimaculatus* e *Poecilia vivipara*, ou detritívoras, como *Steindachnerina notonota*, as quais, juntas, correspondem a 54,62% dos espécimes coletados e são mais abundantes no período de cheia; outras espécies de Characidae de mesmo hábito, também abundantes, predominaram no período de seca, mas correspondem a 15,68% dos espécimes coletados, tendo, portanto, influência menor na análise. A partir da lista de espécies (Tabela 2), pode-se depreender o que foi corroborado pela Análise de Variância e pela nMDS, que demonstraram semelhança na composição ictofaunística nos dois períodos, indicando que não há substituição importante de espécies entre estes, apenas flutuação em suas abundâncias. A diminuição da abundância no período de seca deve ocorrer pelo aumento da competição, uma vez que existe diminuição brusca do número de habitats e de recursos alimentares (Maltchik, 1999, Sá-Oliveira et al., 2016).

A distinção estacional registrou maiores valores na abundância dos peixes no período de cheia, o que pode ser associado ao fator de neste período existir uma maior concentração de material à deriva (“drift”), tal como material alóctone, que acaba por promover uma maior acessibilidade ao recurso pelos peixes, sendo possível inferir que sistemas que apresentam maior taxa de deriva, característica esperada no período de cheia onde o fluxo de água é contínuo, são capazes de sustentar maior biomassa de peixes (Esteves, *et al.*, 1999). Maltchik (1999) ressalta que, durante o período de cheia, em rios intermitentes, existe a formação de corredores de troca de informações biológicas entre as poças que agora formam um contínuo até o período em que voltam a secar. Também no período de cheia, devido ao maior volume de água do rio, dependendo da intensidade das chuvas que

565 podem promover maiores áreas de alagamento, existe uma maior disponibilidade de  
566 habitats.

567 A alta representatividade de espécies pertencentes à família Characidae assemelha-se a  
568 resultados já observados tanto em drenagens nordestinas como de toda a região  
569 neotropical (Ramos *et al.*, 2005; Nelson, 2006; Albert *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2014;  
570 Ramos *et al.*, 2014), e deve estar associado à grande capacidade de dispersão das espécies  
571 pertencentes a esta família (como afirmado por Castro *et al.*, 2004), com especial destaque  
572 para aquelas do gênero *Astyanax* (Nelson, 2006). Esse gênero, segundo o mesmo autor, é  
573 o mais especioso da ordem Characiformes, tendo sido registradas no sistema estudado as  
574 espécies *A. fasciatus* e *A. aff. bimaculatus*, com ampla distribuição na bacia. Vilella *et al.*  
575 (2002) registou o hábito onívoro de *A. fasciatus*, baseado predominantemente em insetos  
576 e material vegetal, e cita vários autores que fazem afirmação sobre o hábito onívoro dessa  
577 espécie (ex. Esteves, 1996) e que é também o hábito do gênero (Nomura, 1975; Sazima,  
578 1986; Hartz *et al.*, 1996). As razões possíveis para se justificar a dominância ecológica de  
579 *A. fasciatus* podem ser várias, mas certamente um fator que contribui para tal é o hábito  
580 onívoro dessa espécie, o que lhe deve permitir fácil resposta às diferentes disponibilidade  
581 de recursos.

582 De acordo com Porff e Allan (1995), ambientes com variações marcantes de suas  
583 condições hidrológicas apresentam uma maior dominância de espécies generalistas. Essa  
584 colocação parece se adequar bem a realidade do rio Mamanguape, tendo em vista que a  
585 bacia está sob regime de perturbações hidrológicas marcantes. Lowe-McConnell (1999)  
586 salienta que em ambientes lóticos existe a predominância de espécies generalistas  
587 enquanto que em reservatórios ocorre o predomínio de especialistas. Por outro lado,  
588 espécies generalistas podem ser privilegiadas em situação de influência antrópica, dado  
589 que esta gera homogeneização dos habitats (Felipe e Suárez, 2010) havendo assim, como  
590 consequência, a diminuição das espécies de especialistas. A formação de poças no  
591 período de seca associado a atividades como a dragagem de areia para a construção civil  
592 (fato registrado em campo) são fatores que afetam a dispersão das espécies, uma vez  
593 reduzem a conectividade entre habitats com modificações diretas sobre a dinâmica do  
594 fluxo, algo já salientado por Bunn e Arthington (2002).

595 As espécies *Apareiodon davisi*, *Cichla cf. monoculus*, *Eleotris pisonis* e *Synbranchus*  
596 *marmoratus* não foram inseridas na análise de redundância tendo em vista suas baixas  
597 representatividades. *Apareiodon davisi*, espécie ameaçada de extinção inserida na

categoria de Em Perigo (Brasil, 2014) e que possui preferências por áreas com maior velocidade da correnteza, foi registrada unicamente na porção baixa do rio, nos dois períodos de coleta. *Cichla cf. monóculos* é uma espécie introduzida da qual foram registradas apenas indivíduos jovens, no período de cheia da porção baixa do rio. *Eleotris pisonis* é uma espécie dita estuarina e que frequenta água doce (Pezold, 2002), e foi registrada no ponto mais a jusante do Baixo trecho do rio. *S. marmoratus* foi registrada somente na estação seca; sua captura pode ter se dado em virtude do menor volume de água nos pontos amostrais, o que deve ter aumentado a probabilidade de captura dessa espécie, de hábito noturno (Junges, 2010), tendo-se em vista que o estudo realizou amostragem diurna.

A análise de variância da riqueza (Figura 6 a-b), os descritores ecológicos da ictiofauna (Tabela 3) e a nMDS concordam em mostrar um padrão dissimilar da composição da ictiofauna entre os diferentes trechos do rio. O *Heatmap* (Figura 8) também corrobora as outras análises na medida em que produz *clusters* que agregam predominantemente os pontos de cada um dos três trechos. Considerando apenas a informação de presença de espécies ao longo do eixo longitudinal do rio, o *Heatmap* mostra que existe um domínio de espécies generalistas ao longo de todo o rio, estabelecendo uma semelhança entre os três trechos: 17 espécies ocorrem ao longo de toda a bacia (Tabela 1, Figura 8).

O que se observa é o aumento gradual na riqueza de espécies da cabeceira do rio (Alto trecho) em direção à foz (Baixo trecho), um padrão geral já observado por Edds (1993) e Winemiller (2008) que salienta que esse incremento no número de espécies se dá em virtude do aumento na corrente de descarga (fator observado no Baixo trecho do rio aqui estudado) que associado a diminuição da inclinação, permite que novas espécies de peixes sejam adicionadas sucessivamente. Ferreira & Petrere Jr. (2010), destaca que a adição de espécies se dá pelo aumento da diversidade de habitats disponíveis nos trechos inferiores desses sistemas. Teixeira *et al.* (2005) também salienta que a ocorrência de espécies eurialinas nos trechos mais baixos em sistemas lóticos (representadas aqui por *Awaous tajasica* e *Eleotris pisonis*) é algo que também precisa ser considerado acerca desse padrão.

Essa dissimilaridade na assembleia de peixes entre os trechos do rio pode ser resultante de heterogeneidade ambiental ao longo de seu eixo longitudinal, decorrentes as diferenças climáticas e vegetacionais entre as áreas de Brejo, Agreste e Baixo-vale, além da forte pressão antrópica em suas áreas mais baixas, que promovem modificações no

sistema. Essa observação se ajusta à teoria da descontinuidade fluvial de Poole (2002) acerca do funcionamento dos sistemas lóticos. Esse autor propõe que sejam consideradas as descontinuidades existentes em relação aos diferentes tipos de ambientes ocorrentes entre montante e jusante do rio (vegetação, solo, relevo, fluxo, etc.), considerando para tal a ocorrência de manchas ao longo do gradiente longitudinal, sendo necessária a interpretação de tais considerações a partir de uma perspectiva de ecologia de paisagens em que as comunidades biológicas respondem a estas variações do ambiente. Ferreira e Petrere Jr (2009) demonstraram a ocorrência de quatro zonas distintas, na bacia do rio Itanhaém, estabelecidas pelas diferentes necessidades ecológicas da ictiofauna. Embora o presente trabalho não disponha de dados suficientes acerca de aspectos funcionais das espécies de peixes registradas, e mesmo não havendo distinção abrupta da riqueza de espécies entre as áreas, a variação na abundância das espécies com distribuição mais ampla pode ser um fator que reflete as distinções encontradas entre os diferentes trechos do rio Mamanguape e corroborando o observado sobre a descontinuidade em sistemas lóticos.

A avaliação associada das variáveis ambientais e da composição e distribuição da ictiofauna resultou em três descritores ambientais que explicaram melhor os padrões de distribuição espacial da ictiofauna no rio Mamanguape. De acordo com estes, é possível perceber a formação de agrupamentos de espécies ocorrentes apenas em uma parte da bacia ou um grupo delas cujas maiores abundâncias estão associadas a outra parte da bacia. Associadas a maiores concentrações de oxigênio dissolvido e maiores valores da velocidade da correnteza dos pontos mais baixos do rio (Médio e Alto trechos) estão as espécies *Awaous tajasica* (Baixo), *Cheirodon jaguaribensis*, *Crenicichla menezesi* e *Leporinus piau* (Médio e Baixo). Um segundo grupo é composto em quase toda sua totalidade por espécies generalistas com ampla distribuição no eixo longitudinal do rio e maior abundância associada ao Alto trecho. Essa maior abundância coincide com áreas melhor conservadas do Alto trecho do rio, onde é esperada uma maior deposição de material alóctone e, conseqüentemente, uma maior disponibilidade de habitats e recursos alimentares para estes indivíduos. Cabe destacar também que os baixos valores de precipitação associados à bacia e a conseqüente interrupção do fluxo em períodos de seca, reduz o carreamento de material proveniente da vegetação marginal de áreas mais conservadas do Alto, reduzindo a disponibilidade de recursos nos trechos Médio e Baixo,

cuja vegetação ripária foi quase completamente eliminada e onde se registrou menor abundancia dessas espécies.

O presente estudo baseou-se em dados obtidos em apenas um período de cheia e um período de seca. Embora tenha-se detectado uma distinção das variáveis ambientais entre os dois períodos (Figura 3) e entre o Alto trecho em relação aos dois a jusante, que foram similares entre si (Figura 4), a ictiofauna no conjunto, não respondeu da mesma forma. O presente estudo não oferece base para se fazer afirmações acerca de distinção temporal da composição ou distribuição da ictiofauna, dado que avaliou uma extensão breve do ciclo hidrológico. A dimensão espacial, por sua vez, revelou distinções, mas esta não responde de forma similar ao comportamento das variáveis ambientais, demonstrando que associações entre parte dessas variáveis e a ictiofauna, em detrimento de associação desta com o seu conjunto, a influenciam predominantemente (Tabela 4, Figuras 6,8,9). A Análise de Redundância, por outro lado, repete o padrão da PCA das variáveis ambientais, associando o Alto curso, mais conservado, com maior abundancia de espécies amplamente distribuídas na bacia, enquanto associou ocorrência de espécies aos trecho Médio e Baixo, de estado de conservação inferior, mas associado a níveis mais altos de oxigenação e de maior velocidade de correnteza.

## 5 Referências

- Ab'Sáber, A. N. 1957. Significado geomorfológico da rede hidrográfica do
- Abelha, M. C. F., Agostinho, A. A., & Goulart, E. 2008. Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 23, 425-434.
- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., ... & Stiassny, M. L. 2008. Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation. *BioScience*, 58(5), 403-414.
- Afonso, A.A., Henry, R. & Rodella, R.C.S.M. 2000. Allochthonous matter input in two different stretches of a headstream (Itatinga, São Paulo, Brazil). *Brazil. Arch. Biol. Technol.*, 43:335-343
- Agostinho, A. A.; Gomes, L. C. & Pelicice, F. M. 2007. Ecologia e manejo de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil. EDUEM. Maringá, PR. 501p.
- Albert, J. S. & Reis, R. E. 2011. Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes. University of California Press. 407pg.
- Andrade, M. C. 1997. O rio Mamanguape. In: Os rios-do-açúcar no Nordeste Oriental./Gilberto de Andrade, Manoel Correia de Andrade – João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, Conselho Estadual de Cultura, 1997.
- Bernardi, J. V. E., Lacerda, L. D., Dórea, J. G., Landim, P. M. B., Gomes, J. P. O., Almeida, R., ... & Bastos, W. R. (2012). Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. *Geochimica Brasiliensis*, 23(1).
- Brasil, MMA. Portarias nº 443, 444, 445, de 17 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União, Seção 1 (245): 110–130, 18 Dezembro 2014. 2014
- Britski, H.A., K.Z.S. Silimon and B.S. Lopes. 2007. Peixes do Pantanal: Manual de Identificação. Brasília: Embrapa. 230 pp.
- Bunn, S. E. and A. H. Arthington. 2002. Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Env. Manage.*, 30:492–507.
- Castro, R., Casatti, L., Santos, H. F., Melo, A. L., Martins, L. S., Ferreira, K. M., ... & Abreu, T. X. 2004. Estrutura e composição da ictiofauna de riachos da bacia do rio Grande no estado de São Paulo, sudeste do Brasil. *Biota Neotropica*, 4(1), 01-39.
- CERHPB - Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Paraíba. 2004. Proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral 47 Norte. João Pessoa – PB.
- Cetra, M., L. M. Sarmiento-Soares & R. F. Martins-Pinheiro. 2010. Peixes de riachos e novas Unidades de Conservação no sul da Bahia. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5: 11-21.
- Chambers, J. M. and Hastie, T. J. 1992. *Statistical Models in S*, Wadsworth & Brooks/Cole.
- Clarke, K. R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18, 117-143.

- 725 Colwell, R.K., Chao, A., Gotelli, N.J., Lin, S.Y., Mao, C.X., Chazdon, R.L. & Longino,  
726 J.T. 2012. Models and estimators linking individual-based and sample-based  
727 rarefaction, extrapolation and comparison of assemblages. *J. Plant Ecol.* 5: 3–21.
- 728 Cunico, A. M., Ferreira, E. A., Agostinho, A. A., Beaumord, A. C., & Fernandes, R.  
729 2012. The effects of local and regional environmental factors on the structure of fish  
730 assemblages in the Pirapó Basin, Southern Brazil. *Landscape and Urban*  
731 *Planning*, 105(3), 336-344.
- 732 Edds, D. R. 1993. Fish assemblage structure and environmental correlates in Nepal's  
733 Efron, B., & Tibshirani, R. J. 1993. An introduction to the bootstrap Chapman &  
734 Hall. New York, 436.
- 735 Esteves, K. E. 1996. Feeding ecology of three *Astyanax* species (Characidae,  
736 Tetragonopterinae) from a floodplain lake of Mogi-Guaçu River, Paraná River Basin,  
737 Brazil. *Env. Biol. Fish.*, 46, 83-101.
- 738 Esteves, K.E. & Aranha, J.M.R. 1999. Ecologia trófica de peixes de riachos. In  
739 *Ecologia de Peixes de Riachos: Estado Atual e Perspectivas* (E.P. Caramaschi, R.  
740 Mazzoni, C.R.S.F. Bizerril, P.R. Peres-Neto, eds.). *Oecologia Brasiliensis*, v. VI,  
741 PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, p. 157-182
- 742 Felipe, A. F. 2010. Spatial patterns of species composition and richness in Iberian  
743 freshwater fish. PhD thesis, Universidade de Lisboa, Portugal.
- 744 Felipe, T. R. A. and Suárez, YR. 2010. Caracterização e influência dos fatores  
745 ambientais nas assembleias de peixes de riachos em duas microbacias urbanas, Alto Rio  
746 Paraná. *Biota Neotropica*. vol. 10, no. 2, p. 143-151.
- 747 Ferreira, CP. and Casatti, L. 2006. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna  
748 de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de*  
749 *Zoologia*, vol. 23, no. 3, p. 642-651
- 750 Ferreira, F. C., & Petrere Jr, M. 2009. The fish zonation of the Itanhaém river basin in  
751 the Atlantic Forest of southeast Brazil. *Hydrobiologia*, 636(1), 11-34.
- 752 Ferreira, F. C., Souza, U. P., & Petrere Jr, M. 2010. Zonação longitudinal da ictiofauna  
753 em ambientes lóticos. *Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia*, 38(1), 1-17.
- 754 Gotelli, N. J., & Ellison, A. M. 2011. Princípios de estatística em ecologia. In *Princípios*  
755 *de estatística em ecologia*. Artmed.
- 756 Hammer, Ø., D.A.T. Harper & P. D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics  
757 Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1):  
758 9pp.
- 759 Hanchet, SM. 2012. Effect of land use on the distribution and abundance of native fish  
760 in tributaries of the Waikato River in the Hakarimata Range, North Island, New  
761 Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, vol. 2 p. 159-171.
- 762 Hartz, S. M.; Silveira, C. M. and Barbieri, G. 1996. Alimentação das espécies de  
763 *Astyanax* Baird and Girard, 1854 ocorrentes na lagoa Caconde, RS, Brasil (Teleostei,  
764 Characidae). *Revista UNIMAR*, 18, 269-281.



- 765 Hoeinghaus, D. J., Winemiller, K. O., & Birnbaum, J. S. 2007. Local and regional  
766 determinants of stream fish assemblage structure: inferences based on taxonomic vs.  
767 functional groups. *Journal of Biogeography*, 34(2), 324-338.
- 768 Junges, C. M., Lajmanovich, R. C., Peltzer, P. M., Attademo, A. M., & Bassó, A. 2010.  
769 Predator-prey interactions between *Synbranchus marmoratus* (Teleostei:  
770 Synbranchidae) and *Hypsiboas pulchellus* tadpoles (Amphibia: Hylidae): Importance of  
771 lateral line in nocturnal predation and effects of fenitrothion  
772 exposure. *Chemosphere*, 81(10), 1233-1238.
- 773 Lemke, A. P., & Suárez, Y. R. 2013. Influence of local and landscape characteristics on  
774 the distribution and diversity of fish assemblages of streams in the Ivinhema River  
775 basin, Upper Paraná River. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25(4), 451-462.
- 776 Levene, H. 1960. Robust tests for equality of variances1. *Contributions to probability  
777 and statistics: Essays in honor of Harold Hotelling*, 2, 278-292.
- 778 Lowe-McConnell, R. H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais.  
779 In *Coleção Base*. Edusp.
- 780 Magurran, A. E. 2003. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- 781 Maltchik, L. *Ecologia de rios intermitentes tropicais*. 1999. In: Pompêo, M. L. M. (Ed.).  
782 *Perspectivas da Limnologia no Brasil*. São Luis: Gráfica e Editora União. p. 77-89.
- 783 McCune, B. & J. B. Grace. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. MjM Software  
784 Desing, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A. 300p.
- 785 Menezes, N.A., S.H. Weitzman, O.T. Oyakawa, F.C.T. Lima, R.M.C. Castro and M.J.  
786 Weitzman. 2007. Peixes de água doce da Mata Atlântica: lista preliminar das espécies e  
787 comentários sobre conservação de peixes de água doce neotropicais. São Paulo: Museu  
788 de Zoologia da Universidade de São Paulo. 407 pp.
- 789 Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*, 4th edn. John Wiley and Sons, Inc. New York.  
790 624pg.
- 791 Nomura, H. 1975. Alimentação de três espécies do gênero *Astyanax* Baird and Girard,  
792 1854 (Osteichthyes, Characidae) no rio Mogi Guaçu, SP. *Rev. Brasil. Biol.*, 35, 595-  
793 614.
- 794 Peres-Neto P. R.; Legendre P.; Dray S.; Borcard D. 2006. Variation partitioning of  
795 species data matrices: estimation and comparison of fractions. *Ecology* 87, 2614-2625.
- 796 Pezold, F. R. A. N. K., & Cage, B. R. Y. A. N. 2002. A review of the spinycheek sleepers,  
797 genus *Eleotris* (Teleostei: Eleotridae), of the Western Hemisphere, with comparison to  
798 the West African species. *Tulane Stud. Zool. Bot*, 31(2), 19-63.
- 799 Pivello, V. R. 2005. Invasões biológicas no cerrado brasileiro: efeitos da introdução de  
800 espécies exóticas sobre a biodiversidade. *Ecologia. info*, 33.
- 801 Poff, N. L., & Allan, J. D. 1995. Functional organization of stream fish assemblages in  
802 relation to hydrological variability. *Ecology*, 76(2), 606-627.
- 803 Poole, G.C. 2002. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river  
804 discontinuum. *Freshwater Biology*, 47, 641-660.

- 805 R Core Team 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Founda-  
806 tion for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- 807 Ramos, R. T. C.; Ramos, T. P. A.; Rosa, R. S.; Beltrão, G. B. M.; Groth, F. 2005.  
808 Diversidade de Peixes (Ictiofauna) da bacia do rio Curimataú, Paraíba. In: Araujo, F. S.;  
809 Rodal, M. J. N. & Barbosa, M. R. V. Análise das variações da biodiversidade do bioma  
810 caatinga: suporte das estratégias regionais de conservação. Brasília: Ministério do Meio  
811 Ambiente, p. 291-318.
- 812 Ramos, T. P. A. 2012. Ictiofauna de água doce da bacia do rio Parnaíba (Doctoral  
813 dissertation, D. Sc. thesis]. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba).
- 814 Ramos, T. P. A., Ramos, R. T. D. C., & Ramos, S. A. Q. 2014. Ichthyofauna of the  
815 Parnaíba river basin, northeastern Brazil. *Biota Neotropica*, 14(1).
- 816 Reis, R. E., Kullander, S. O., & Ferraris, C. J. 2003. Check list of the freshwater fishes of  
817 South and Central America. Edipucrs.
- 818 Rosa, R.S. & Groth, F. 2004. Ictiofauna dos Ecossistemas de Brejos de Altitude de  
819 Pernambuco e Paraíba. In: Kátia C Porto; J. J. P. Cabral; p.201-210
- 820 Rosa, R. S., Menezes, N. A., Britski, H. A., Costa, W. J. E. M., & Groth, F. 2003.  
821 Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. *Ecologia e*  
822 *conservação da Caatinga*, 135-180.
- 823 Sá-Oliveira, J. C., Isaac, V. J., Araújo, A. S., & Ferrari, S. F. 2016. Factors structuring  
824 the fish community in the area of the Coaracy Nunes hydroelectric reservoir in Amapá,  
825 northern Brazil. *Tropical Conservation Science*, 9(1), 16-33.
- 826 Sazima, I. 1986. Similarities in feeding behavior between some marine and freshwater  
827 fishes in two tropical communities. *J. Fish. Biol.*, 29, 53-65.
- 828 Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete  
829 samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.
- 830 Silva, M. J. D., Ramos, T. P. A., Diniz, V. D., Ramos, R. T. D. C., & Medeiros, E. S. F.  
831 2014. Ichthyofauna of Seridó/Borborema: a semi-arid region of Brazil. *Biota*  
832 *Neotropica*, 14(3), 1-6.
- 833 Singh, W., Hjørleifsson, E., & Stefansson, G. 2010. Robustness of fish assemblages  
834 derived from three hierarchical agglomerative clustering algorithms performed on  
835 Icelandic groundfish survey data. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*,  
836 fsq144.
- 837 SinghBorg, I.; Groenen, P. J. 2005. Modern Mutidimensional Scaling: Theory and  
838 Applications. New York: Springer.
- 839 Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. 1981. Biometry: the principles and practice of statistics in  
840 biological research. New York: Freedman.
- 841 Suárez, Y. R., & Lima-Junior, S. E. 2009. Spatial and temporal variation in stream fish  
842 assemblages of Guiraí River basin, upper Paraná Basin. *Biota Neotropica*, 9(1), 0-0.
- 843 Takahashi, E. L., Rosa, F. R., Langeani, F., & Nakaghi, L. S. 2013. Spatial and seasonal  
844 patterns in fish assemblage in Córrego Rico, upper Paraná River basin. *Neotropical*  
845 *Ichthyology*, 11(1), 143-152.

Teixeira, T. P., Pinto, B. C., Terra, B. D. F., Estiliano, E. O., Gracia, D., & Araújo, F. G. 2005. Diversidade das assembléias de peixes nas quatro unidades geográficas do rio Paraíba do Sul. *Iheringia. Série Zoologia*.

Uieda, V.S. & Kikuchi, R.M. 1995. Entrada de material alóctone (detritos vegetais e invertebrados terrestres) num pequeno curso de água corrente na cuesta de Botucatu, São Paulo. *Acta Limnol. Brasil.*, VII:105-114.

Vilella, F. S., Becker, F. G., & Hartz, S. M. 2002. Diet of *Astyanax* species (Teleostei, Characidae) in an Atlantic forest river in Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 45(2), 223-232.

Watanabe, T., De Oliveira, R. B., Sassi, R., Melo, G. N., Moura, G. F., Gadelha, C. L., & Machado, V. M. N. 1994. Evidences of contamination caused by sugar-cane monoculture and associated industrial activities in water bodies of the state of Paraíba, Northeast Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 5, 85-101.

Winemiller, K. O., Agostinho, A. A., & Caramaschi, É. P. 2008. Fish ecology in tropical streams. *Tropical stream ecology*, 107-146.

*Encerro... por ora... mas levo comigo tudo o que eu não sei e as possibilidades que esse  
não saber podem produzir em mim...*

**Kamila Lockmann**

